



## 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. Tunniplaaniid (lisatud elektrooniliselt). .....	253
Lisa 3. Kasutatud seadmete tehnilised andmed.....	253
Lisa 4. Graafik .....	255
Lisa 5. Öhu mikrobioloogilise analüüsi tulemused .....	255
Lisa 6. Mõõtmiste toorandmed (lisatud elektrooniliselt). .....	258
Lisa 7. 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 CO<sub>2</sub> 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.

<b>Nr</b>	<b>Kool</b>	<b>Seadmete arv</b>	<b>Logerite ülespaneku kuupäev</b>	<b>30 päeva mõõtmise algusest</b>	<b>Logerite mahavõtmise kuupäev</b>
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, mõõdeti ka ruumiõhu mikrobioloogilist koostist. Kuna mõõdistus 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/m<sup>3</sup>. 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) Õpperuumi 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 reaalaaja 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 CO<sub>2</sub> sisaldust ruumiõhus.
- Mõõdistused toimusid ajavahemikul kui välistemperatuur oli enamus ajast 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.

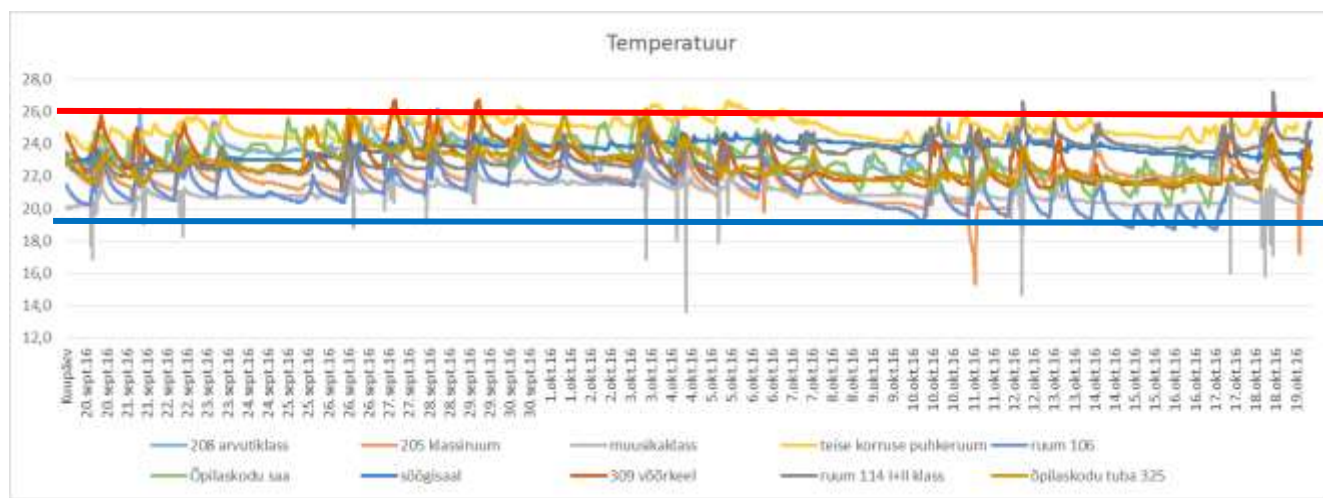
	ESMASPÄEV/ruum	106	114	205	208	309	ÕK 106	ÕK saal
1.	8.15 - 9.00							
2.	9.10 - 9.55		x	x				x
3.	10.05 - 10.50		x	x		x	x	x
4.	11.00 - 11.45		x			x	x	
5.	12.10 - 12.55	x		x			x	x
6.	13.20 - 14.05			x		x	x	x
7.	14.15 - 15.00	x		x		x	x	
8.	15.10 - 16.50					x		
	<b>TEISIPÄEV</b>	<b>106</b>	<b>114</b>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

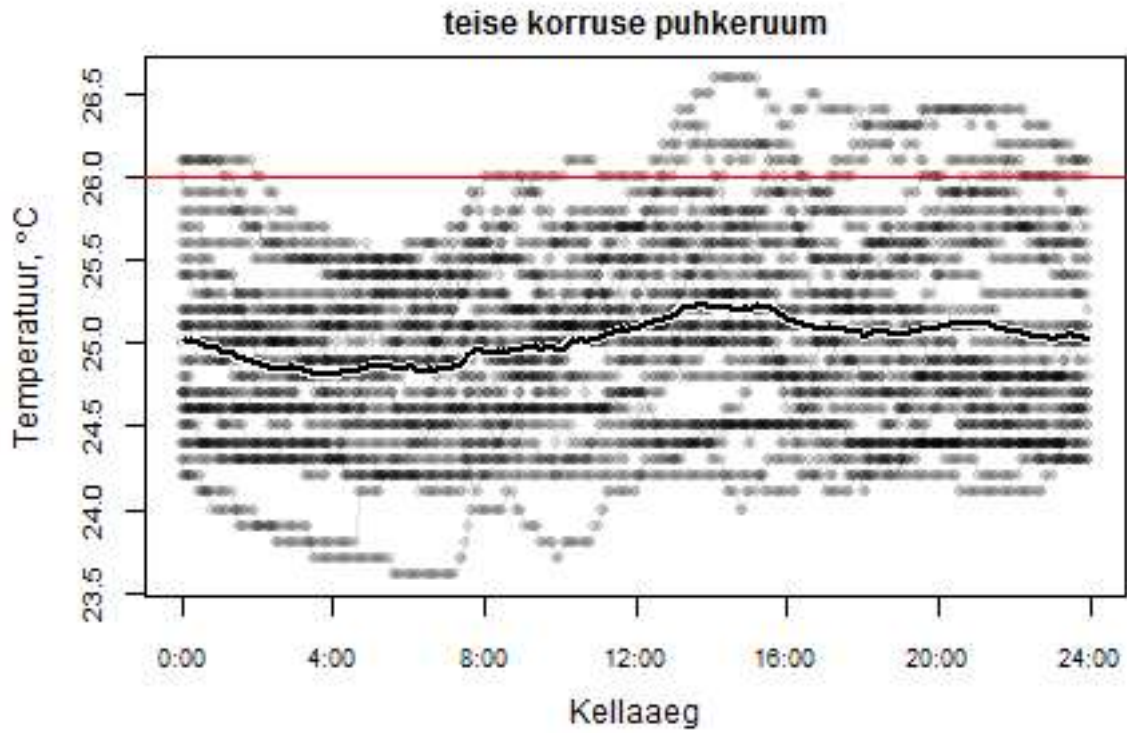


Graafik 1. Temperatuuride muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

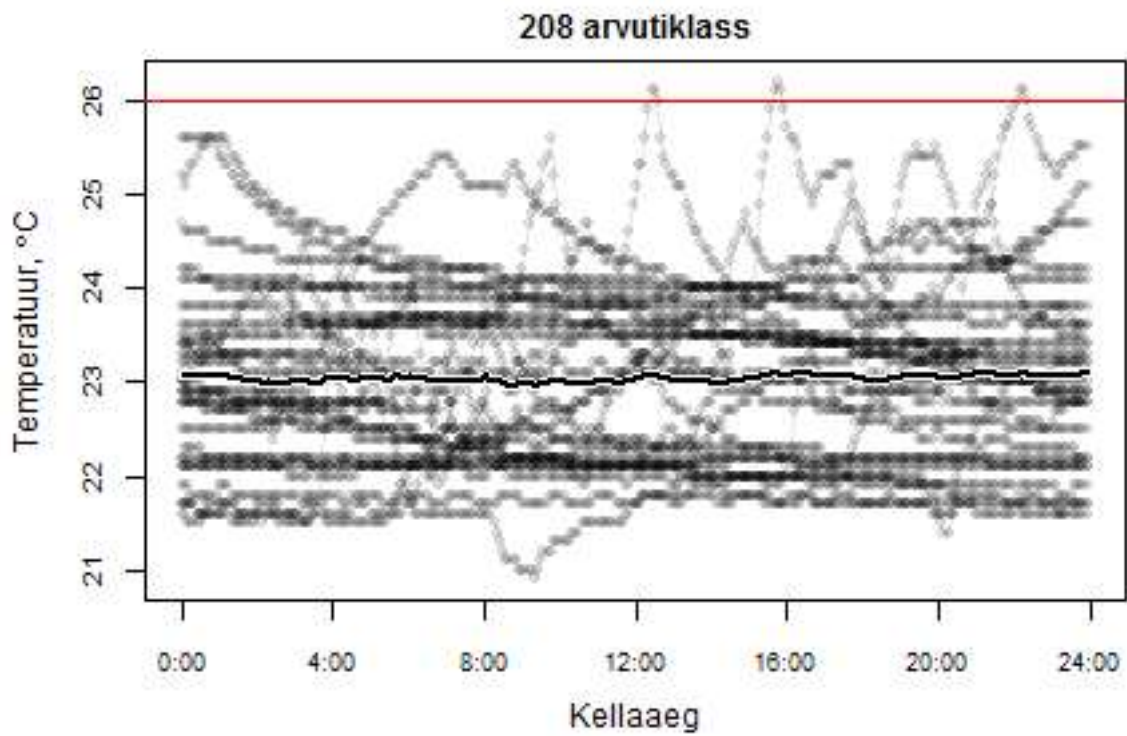
	208 arvuti	205 klassii	muusikakl	teise korr	ruum 106	Õpilaskod	söögisaal	309 võõrkeel	ruum 114	õpilaskod	KOKKU
<b>KOKKU</b>	7946	8558	8580	8491	8589	7949	8577	8586	8581	8592	<b>84449</b>
<b>Üle 26 °C</b>	7	0	0	393	0	0	0	73	20	8	<b>501</b>
<b>alla 19 °C</b>	0	63	28	0	147	0	0	0	0	0	<b>238</b>
<b>Üle 26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

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

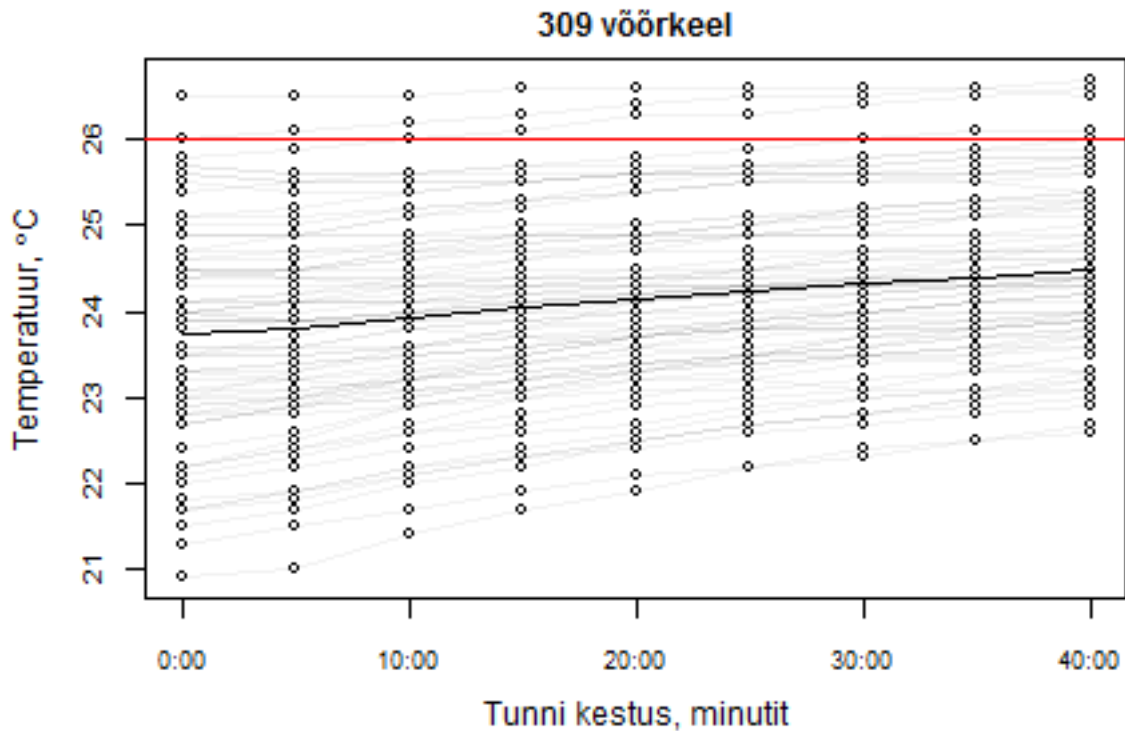
Graafikult 1 ja tabelist 4 lähtub, et temperatuur on enamuses ajast lubatu piires. Teise korruse puhkeruumis tõusis temperatuur lubatust kõrgemale 393 juhul ehk 1965 minutit, mis moodustab 4,6% kogu mõõtmisperioodist. Kui vaadelda seda ruumi eraldi (graafik 2), siis on näha, et temperatuur tõuseb lubatust 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.

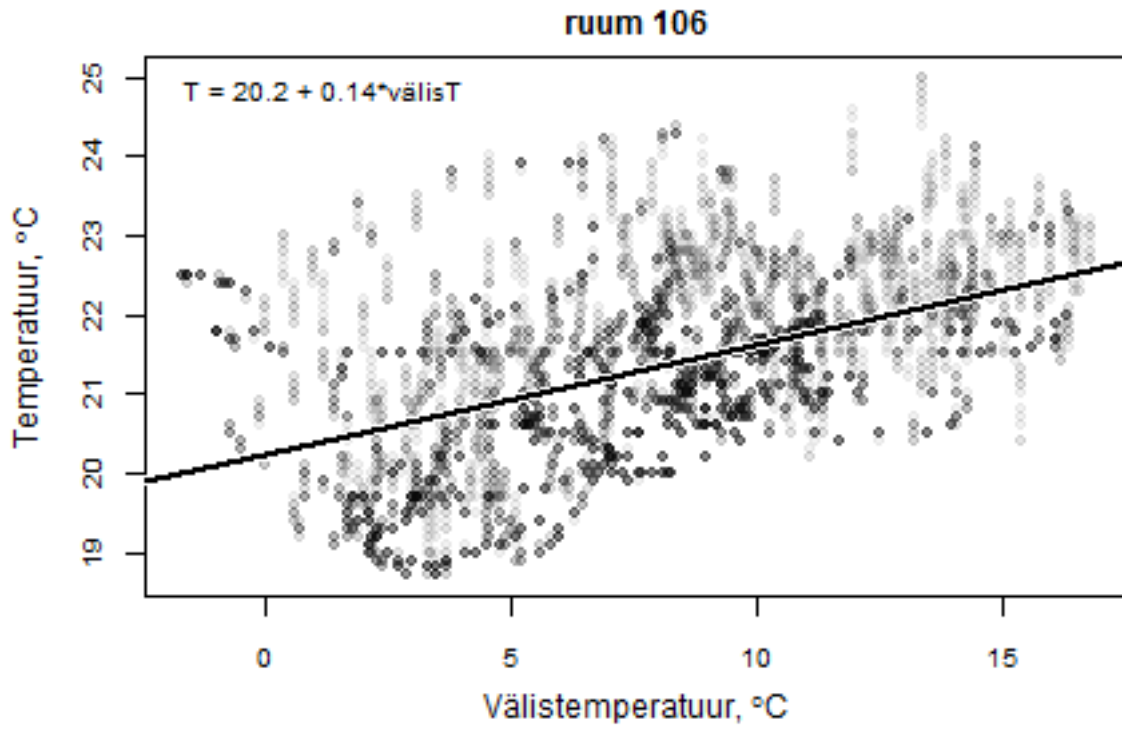


Graafik 3. Arvutiklassi õhutemperatuuri muutus ööpäeva lõikes.

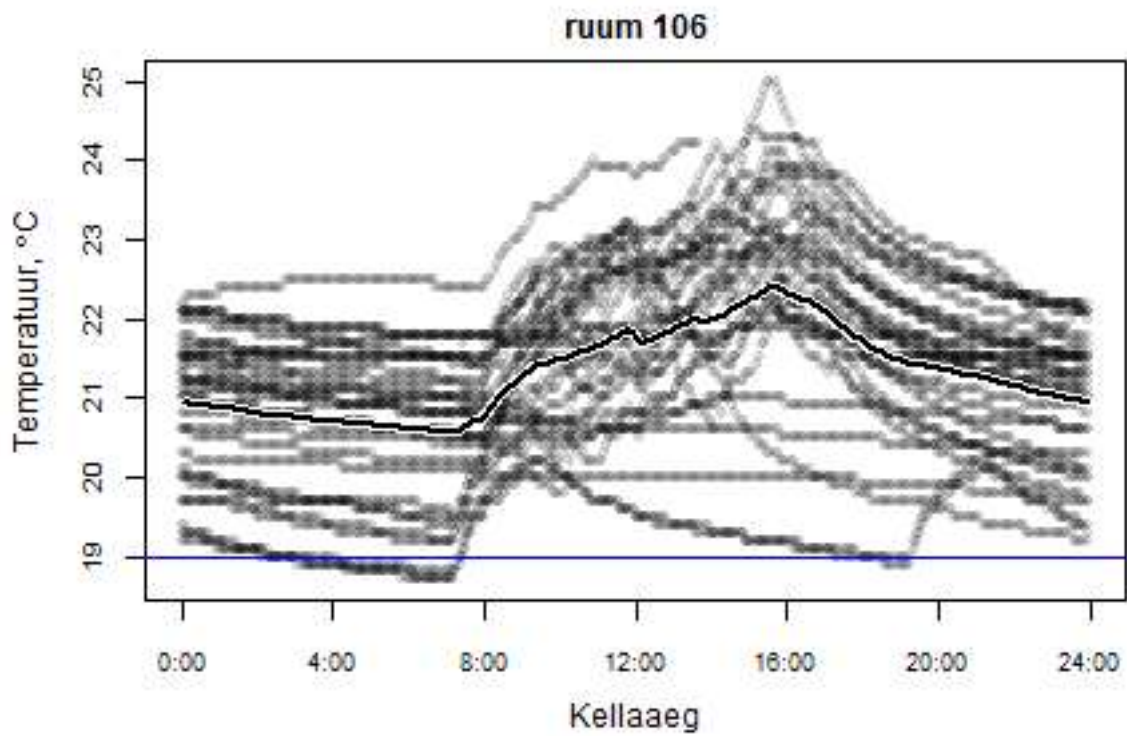


Graafik 4. Võõrkeele klassi õhutemperatuuri muutus tunni lõikes.

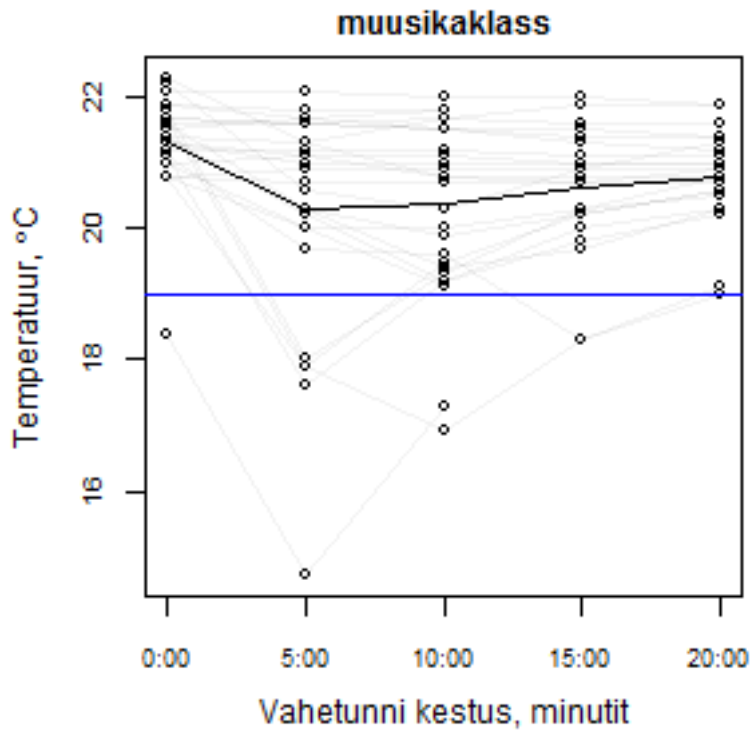
Ruumis 106 esines alla 19°C temperatuuri 163 mõõdistust ehk 815 minutit, mis moodustab 1,7% kõikidest mõõtmistest. Kui võrrelda nimetatud ruumi temperatuuri seost välistemperatuuriga (graafik 5), siis on näha, et korrelatsioon sise- ja välistemperatuuri vahel on oluline. See võib olla tingitud ruumi välispiirde soojajuhtivusest kui ka ruumi pidevast tuulutamisest välisõhuga läbi akende. Analüüsidest 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).



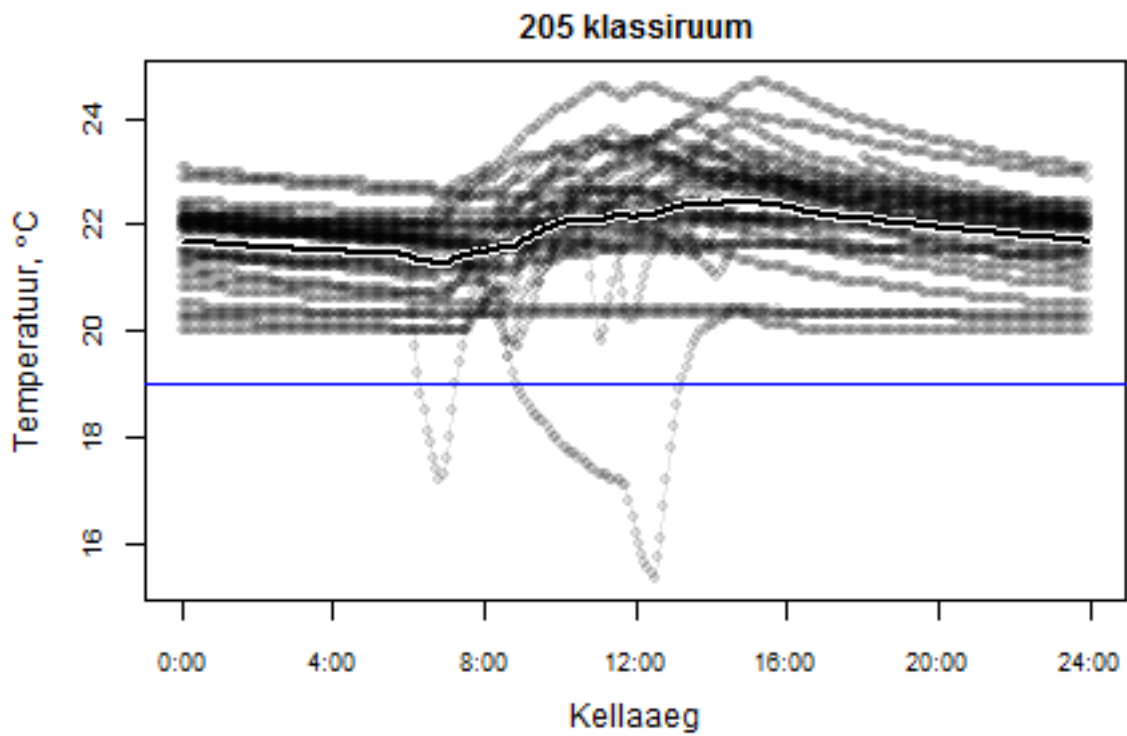
Graafik 5. Sise- ja välitemperatuuri korrelatsioon ruumis 106.



Graafik 6. Ruumi 106 õhutemperatuuri muutus ööpäeva lõikes



Graafik 7. Muusikaklassi õhutemperatuuri muutus vahetunni lõikes.



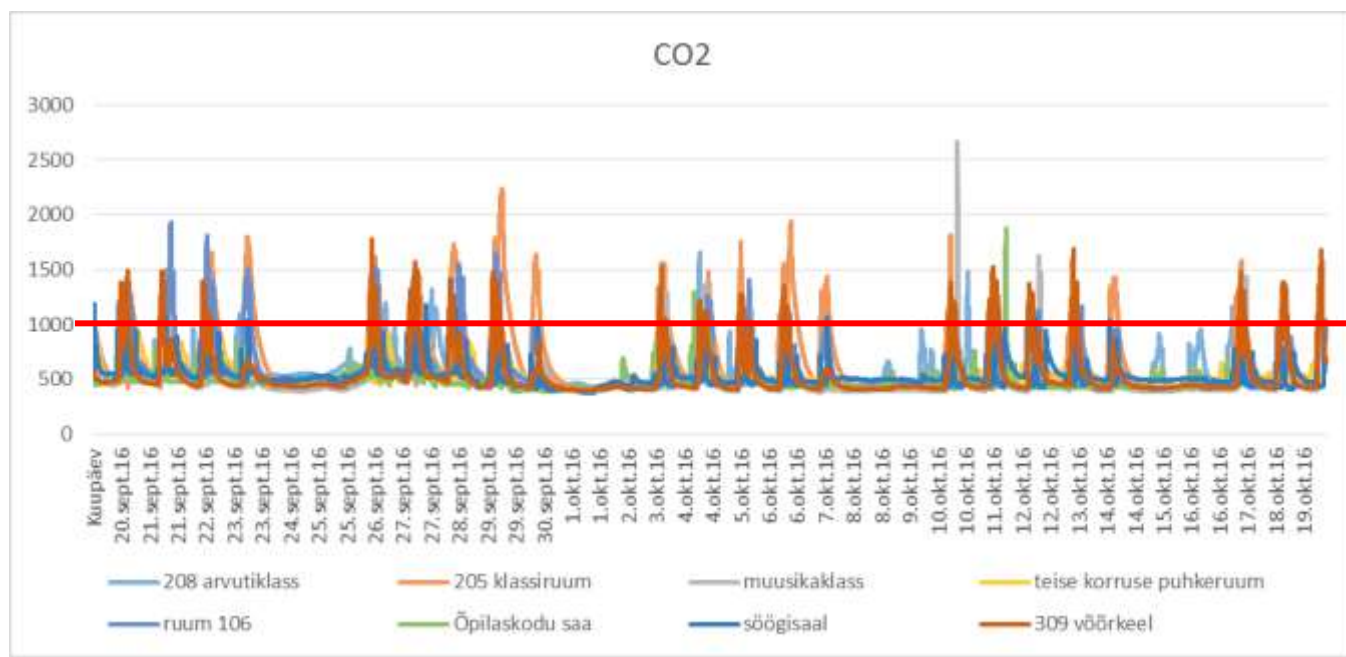
Graafik 8. Klassiruumi 205 õhutemperatuuri muutus ööpäeva lõikes

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 mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul

Süsinikdioksiidi CO<sub>2</sub> sisaldus ruumiõhus.



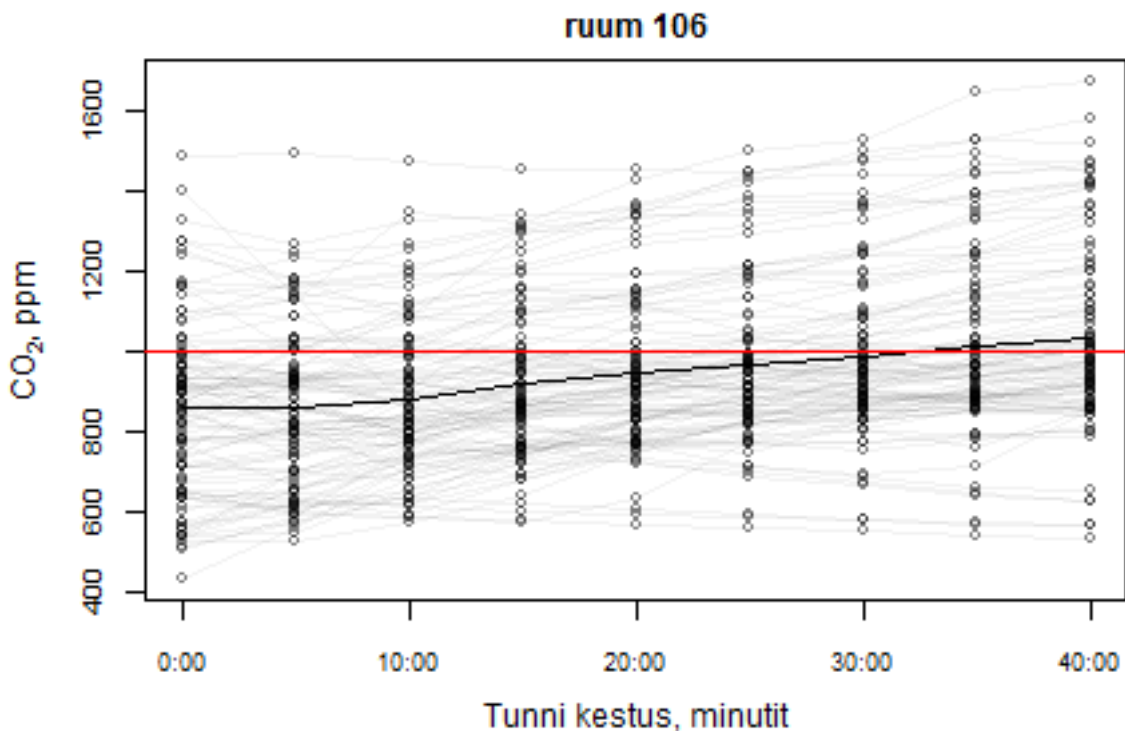
Graafik 9. Ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses (mikroliitrit ppm liitris õhus).

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

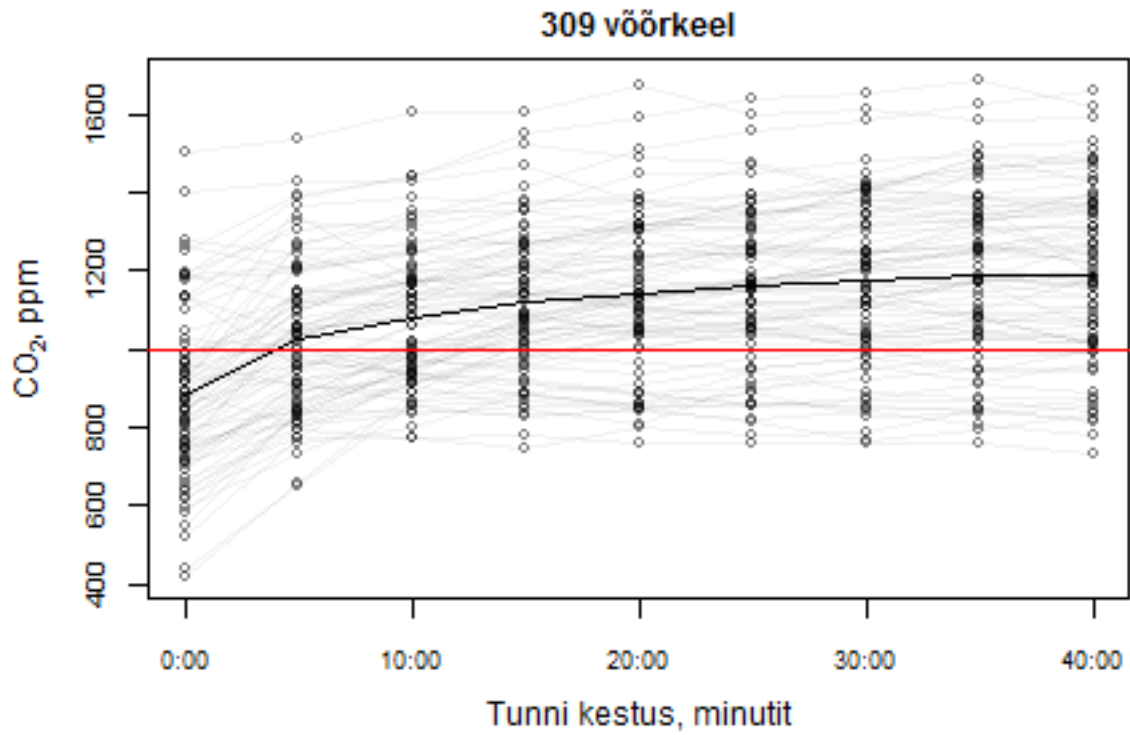
Tabel 6. Lubatud CO<sub>2</sub> taseme 1000 ppm ületanud mõõtmiste arv koguliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 9 ja tabelist 6 lähtub, et CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> jaotumine – õppetegevuse ajal näidud tõusevad ning öötundidel ja nädalavahetustel on CO<sub>2</sub> 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.

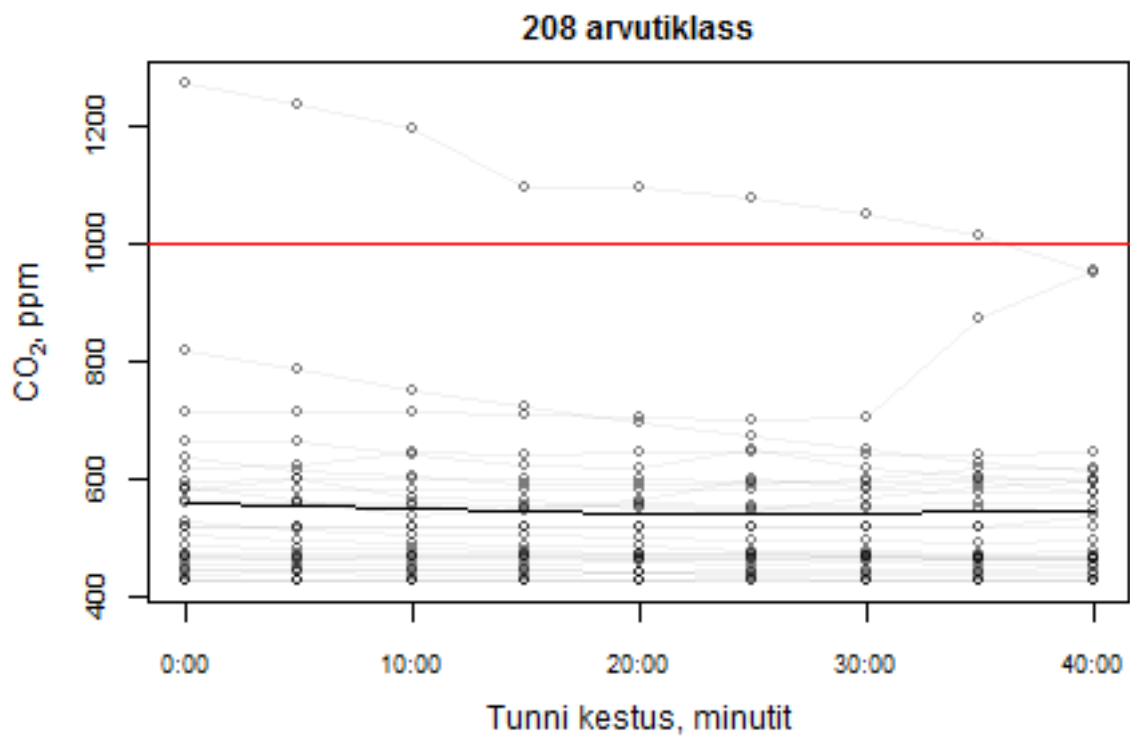
Kõige kriitilisem on olukord ruumides 205, 106 ja võõrkeeles klassis ruumis 309. Neis ruumides on lubatud piirmäär ületatud vastavalt 15,6%, 7,7% ning 7,7% kogu mõõtmisperioodi ajast. Kui vaadata graafikuid 10, 11 ja 13, siis on näha, et tunni kestel tõuseb CO<sub>2</sub> tase kiiresti üle lubatu piiri. Eriti kriitiline on olukord ruumis 309 (võõrkeeles klass graafik 11), kus tõuseb CO<sub>2</sub> tase üle lubatud piiri keskmiselt esimese nelja minuti jooksul. See on tingitud klassiruumi kujust ja kubatuurist ning vähesest ventilatsioonist. Klassiruumis 205 ületab CO<sub>2</sub> tase lubatud piiri juba tunni alguses (graafik 13) ning kui vaadata näitusid ööpäeva lõikes (graafik 16), siis on näha, et kogu õppetöö perioodil on CO<sub>2</sub> tase keskmiselt lubatust kõrgem. Söögisaalis tõuseb CO<sub>2</sub> tase üle lubatud piiri söögivahetundidel (graafik 15).



Graafik 10. Ruumis 106 ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus tunni kestvuse lõikes

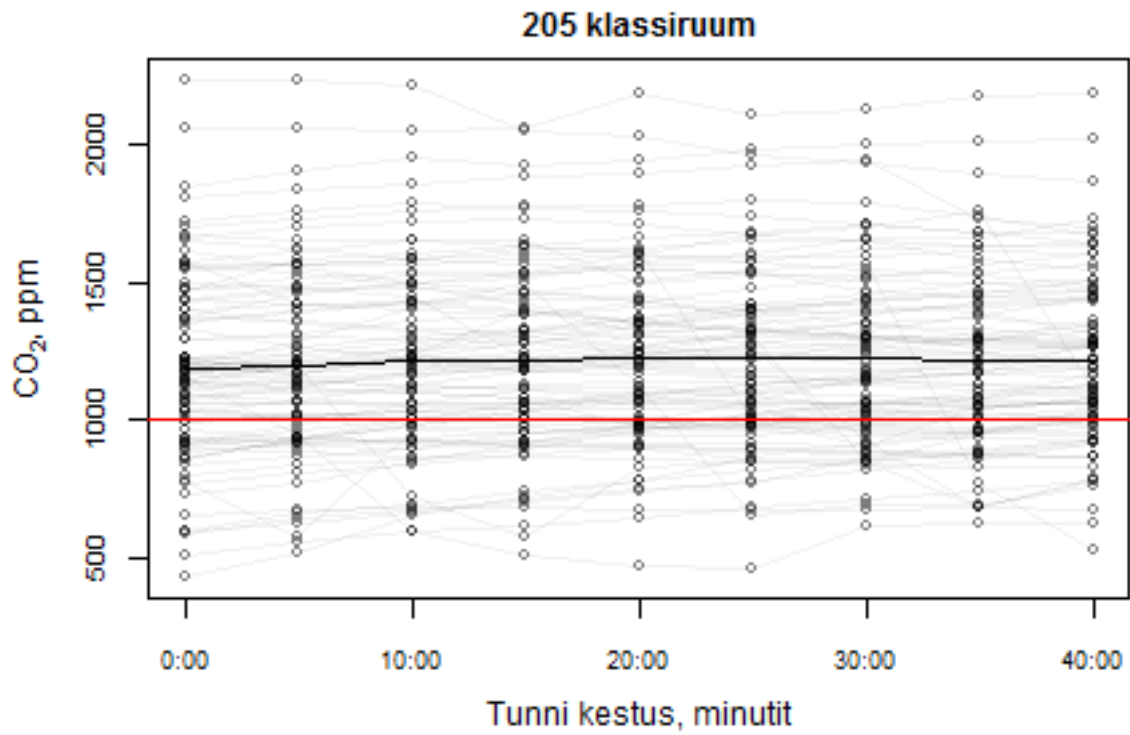


Graafik 11. Võõrkeele klassis ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus tunni kestuse lõikes

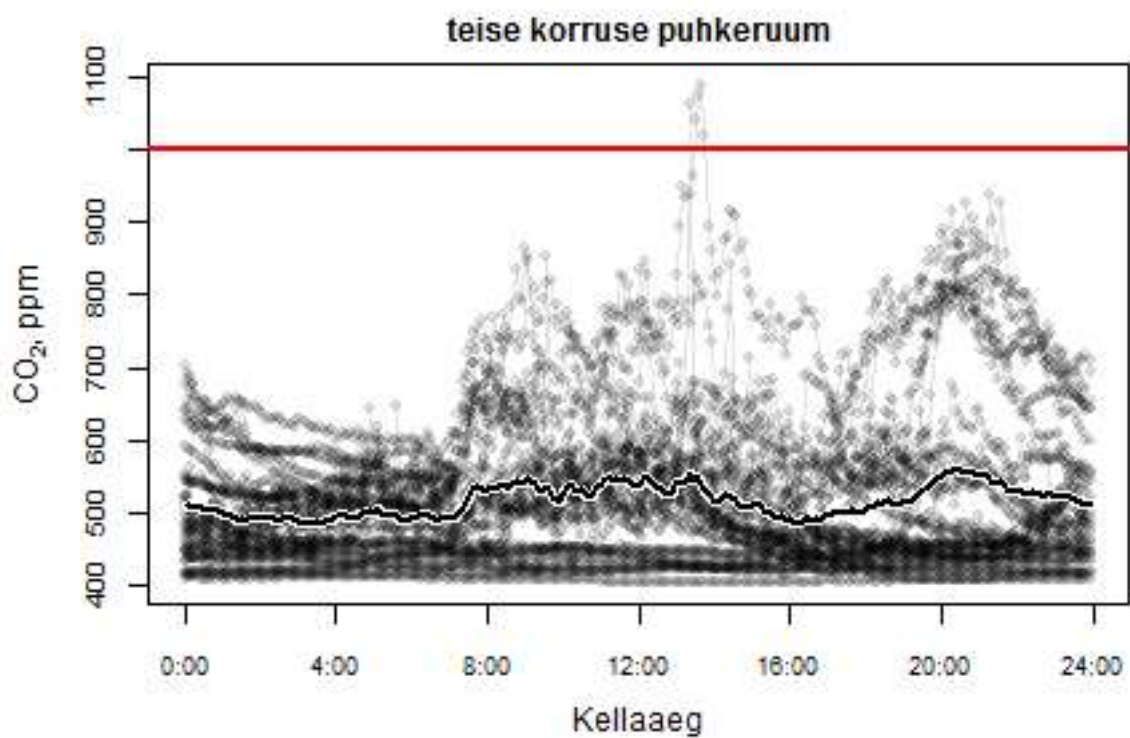


Graafik 12. Arvutiklassis ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus tunni kestuse lõikes

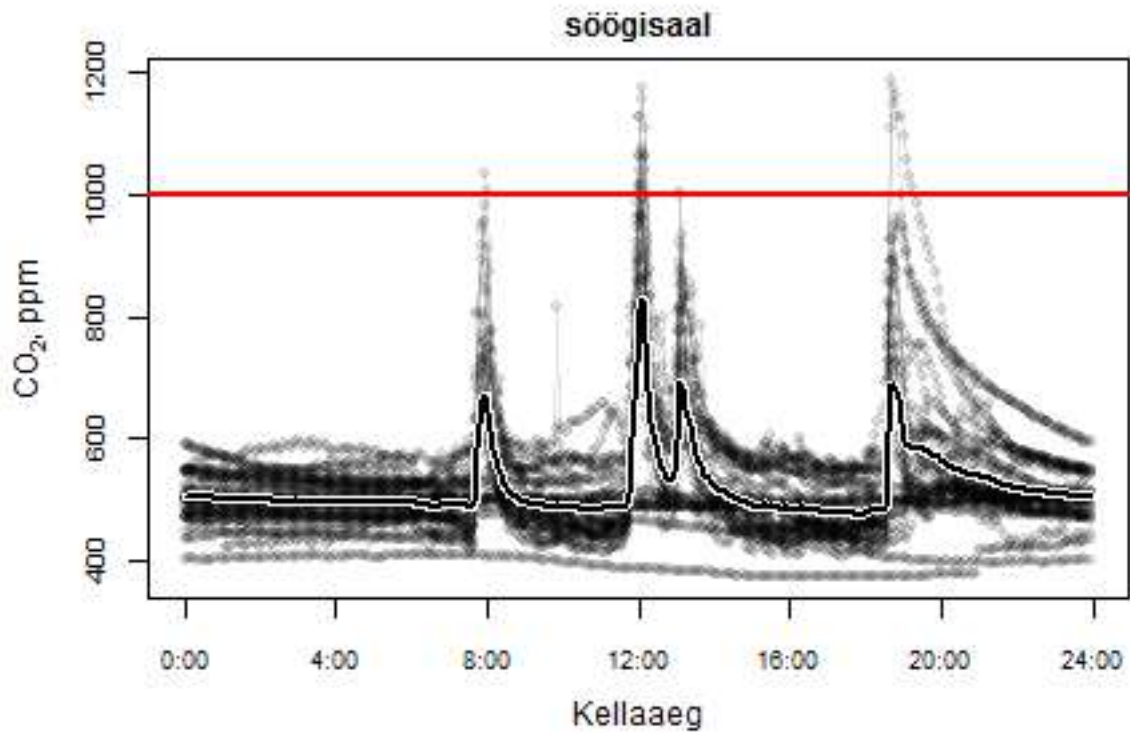




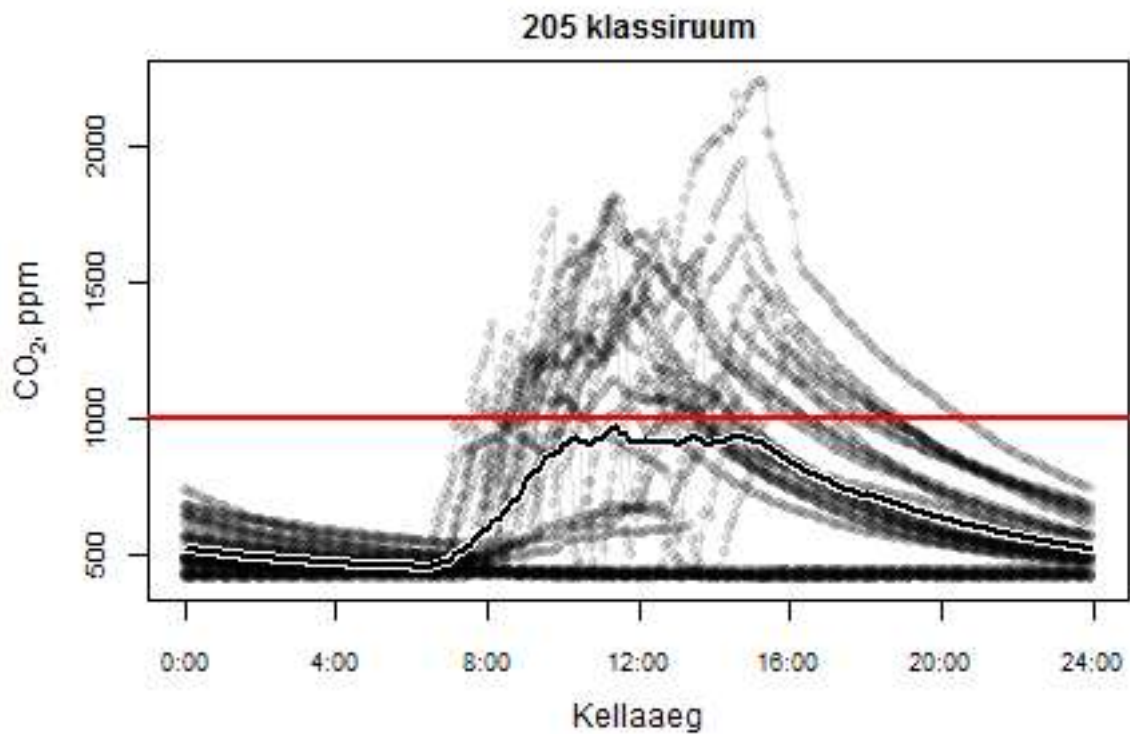
Graafik 13. Klassiruumis 205 ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus tunni kestvuse lõikes



Graafik 14. Teise korruse puhkeruumis ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus ööpäeva lõikes



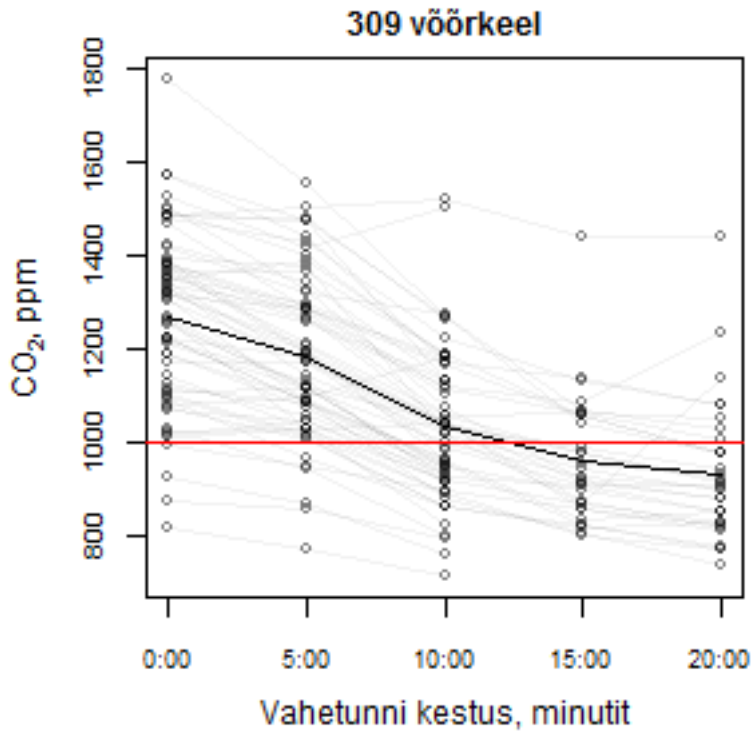
Graafik 15. Söögisaaalis ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus ööpäeva lõikes



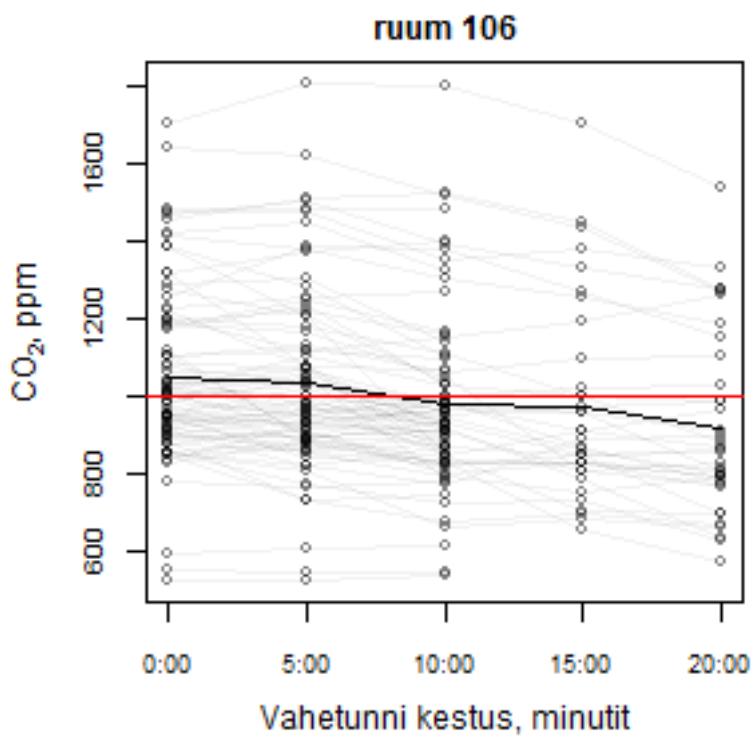
Graafik 16. Klassiruumis 205 ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus ööpäeva lõikes

Vahetundidel langeb CO<sub>2</sub> sisaldus kõige rohkem võrkeelte 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

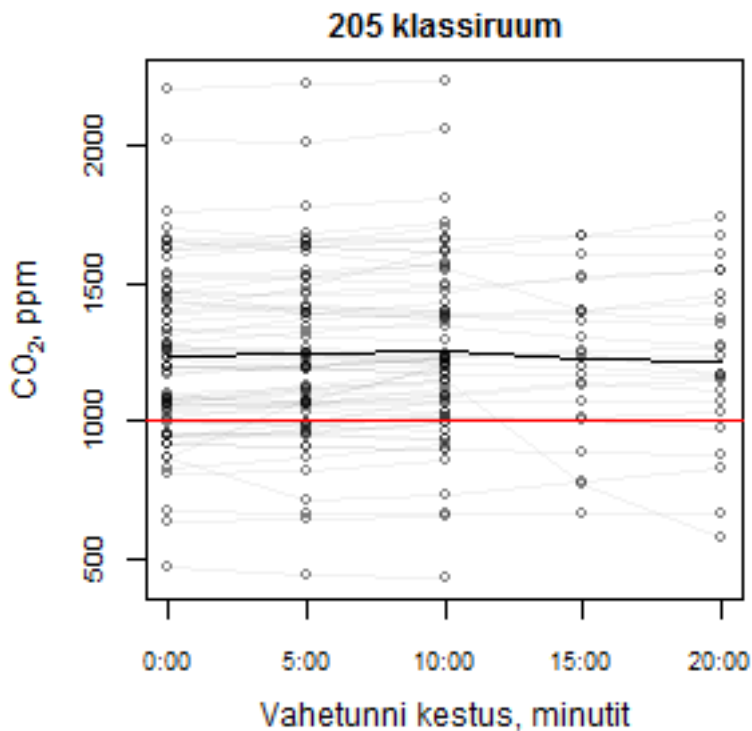
205, kus CO<sub>2</sub> on praktiliselt kogu õppeperioodi vältel üle lubatu, ei lange tase vahetundidel praktiliselt üldse (graafik 19). Klassiruumis 106 toimub mõningane langus vahetunnil ning tunni alguseks saavutatakse keskmiselt lubatust pisut madalam tase (graafik 18).



Graafik 17. Klassiruumi 309 (võõrkeele klass) ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus vahetunni lõikes



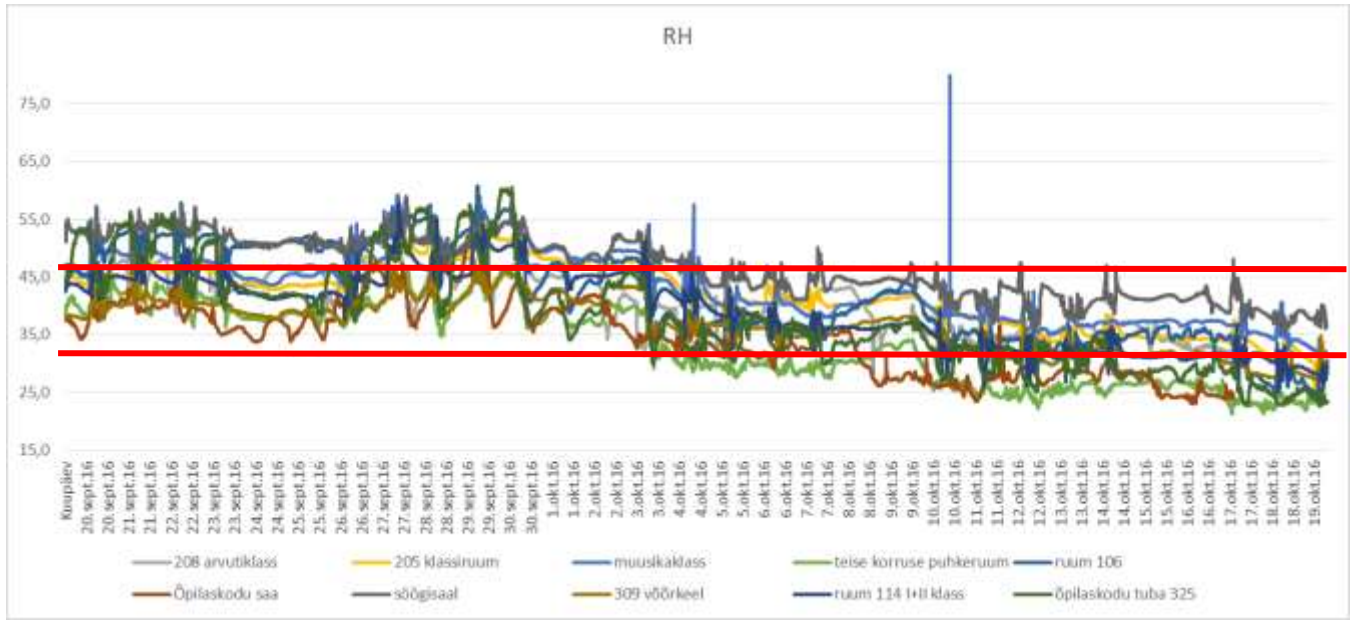
Graafik 18. Klassiruumis 106 ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus vahetunni lõikes



Graafik 19. Klassiruumis 205 ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus vahetunni lõikes

Kokkuvõtteks võib väita, et CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> tase kiiremini (ruumi 309 näitel). Seega tuleks klassiruumide vahetundidel rohkem tuulutada välisõhuga. Lisaks on soovitatav paigaldada hoonetesse CO<sub>2</sub> anduritega ventilatsioonisüsteem, mille puhul ruumide õhuvahetuse hulk sõltub CO<sub>2</sub> 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
<b>KOKKU</b>	7946	8558	8580	8491	8589	7949	8577	8586	8581	8592	<b>84449</b>
<b>alla 40 %</b>	3589	2840	3008	6607	4185	6317	1033	5942	4251	5186	<b>42958</b>
<b>alla 25 %</b>	0	2	0	1029	23	528	0	0	0	381	<b>1963</b>
<b>alla 40 %</b>	45,2%	33,2%	35,1%	77,8%	48,7%	79,5%	12,0%	69,2%	49,5%	60,4%	<b>50,9%</b>
<b>alla 25 %</b>	0,0%	0,0%	0,0%	12,1%	0,3%	6,6%	0,0%	0,0%	0,0%	4,4%	<b>2,3%</b>

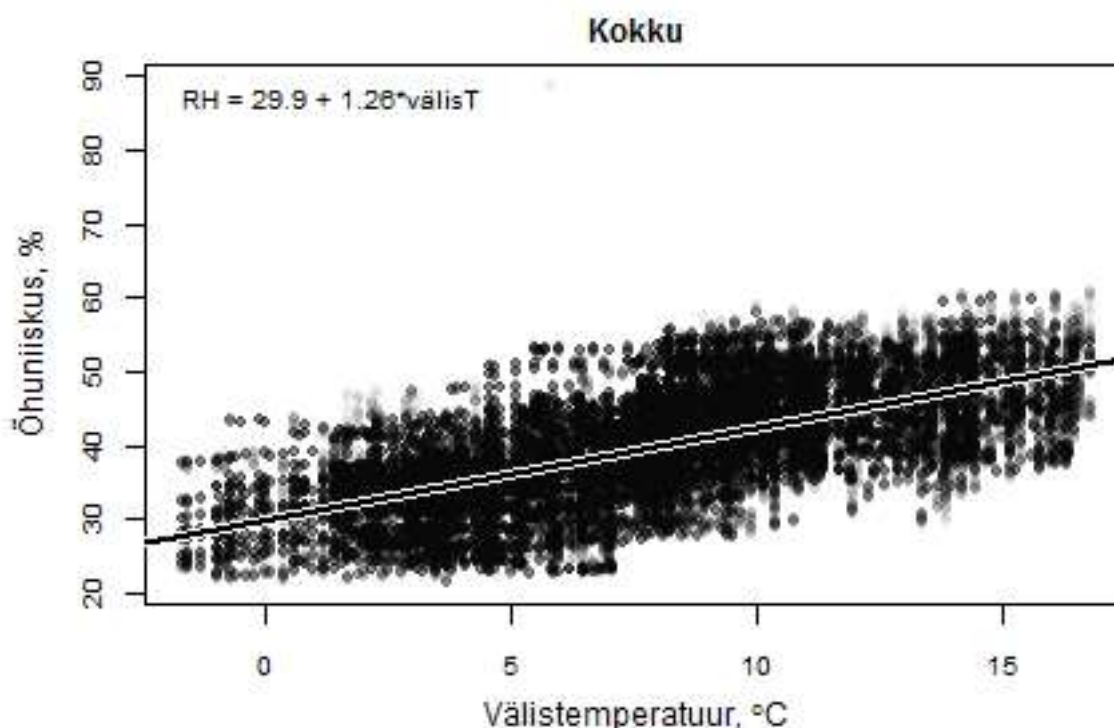
Tabel 7. Mõõtmiste arv allapoole lubatud õhu suhtelise niiskuse tasemeid koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

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.

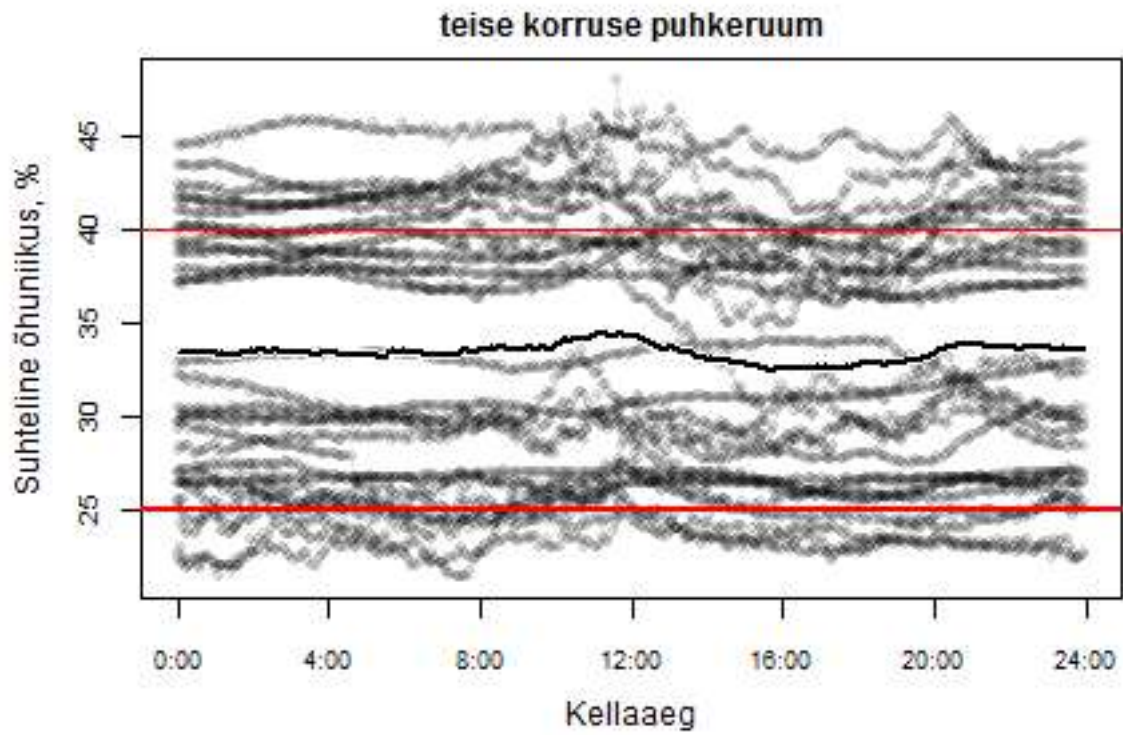
Ruum	Keskmine	Standardhälve	Mediaan	Miinum	Maksimum	Korrelatsioon välis-temperatuuriga
205 klassiruum	40,88	5,18	41,1	28,0	53,9	0,73
208 arvutiklass	42,09	5,87	42,9	24,8	55,1	0,87
309 võõrkeelmuusikaklass	43,41	5,98	42,7	31,5	88,7	0,87
ruum 106	41,93	8,46	40,7	24,4	60,7	0,78
ruum 114 I+II klass	34,48	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

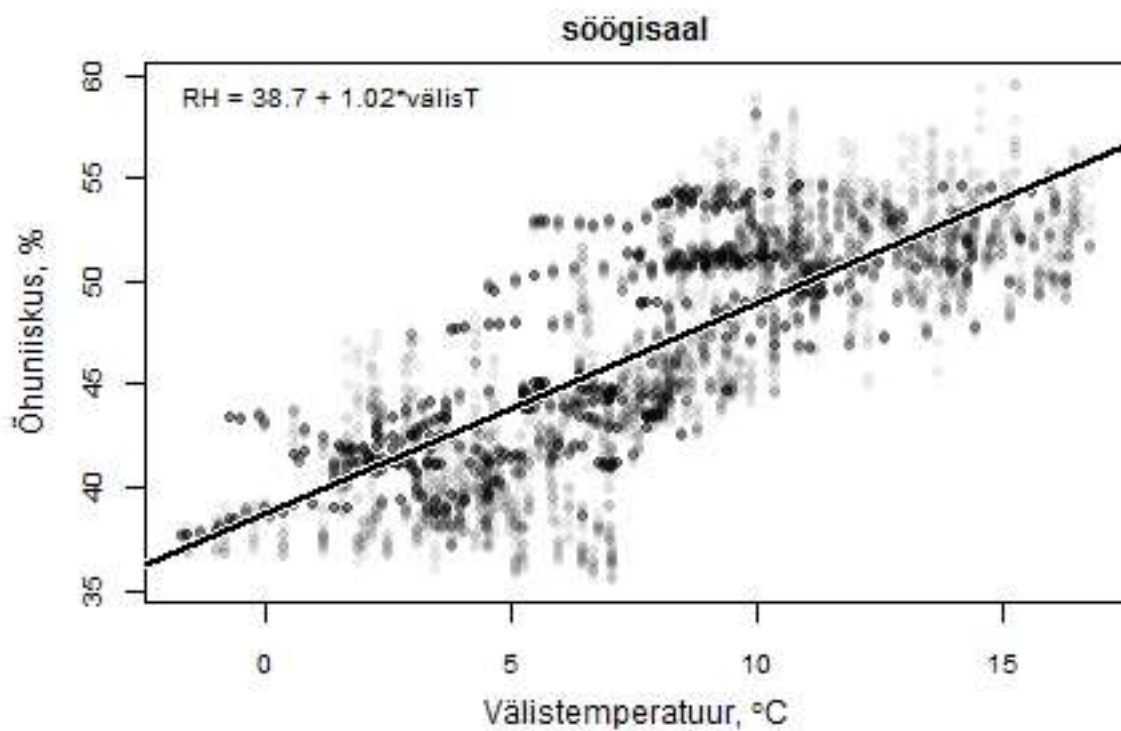


Graafik 21. Siseõhu suhtelise niiskuse sõltuvus välisõhu temperatuurist

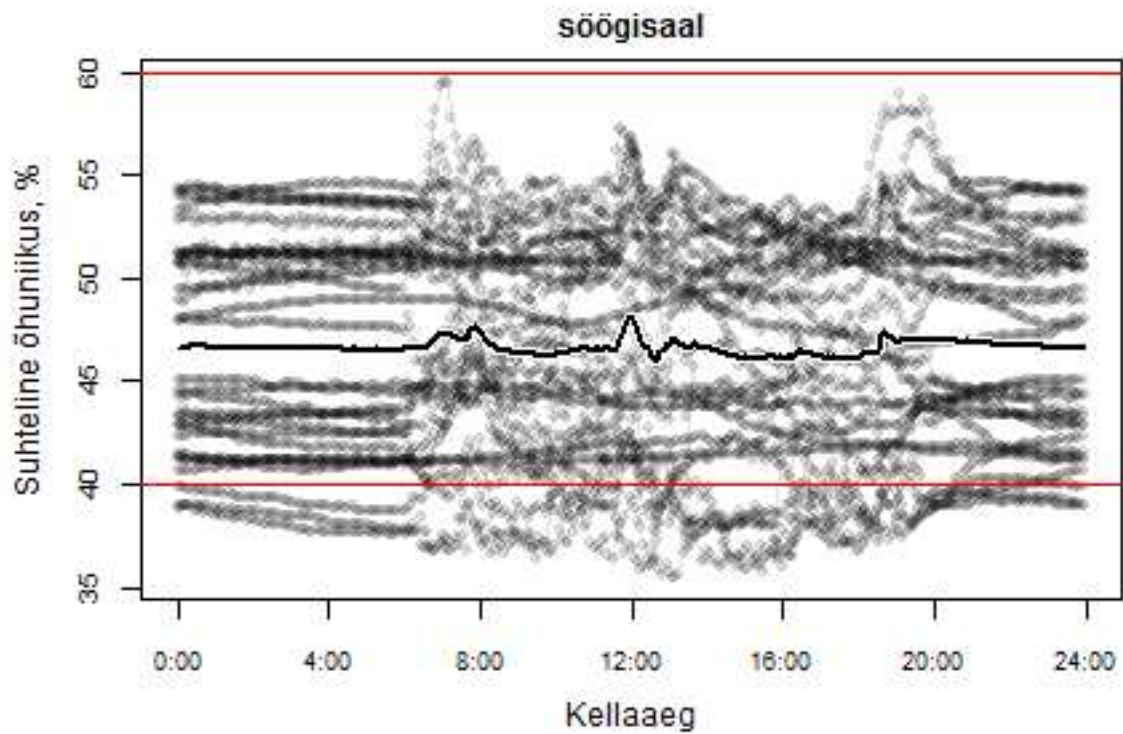
Ruumide lõikes on näha, et ööpäeva lõikes muutub suhteline õhuniiskus vähe ning tundide ajal tõuseb suhteline õhuniiskus vähesel määral (graafikud 22-24). Ülejäänud ruumides on suhtelise õhuniiskuse muutumine sarnane graafikutel toodud ruumidele. Teistmoodi muutub suhteline õhuniiskus arvutiruumi õhus, 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).



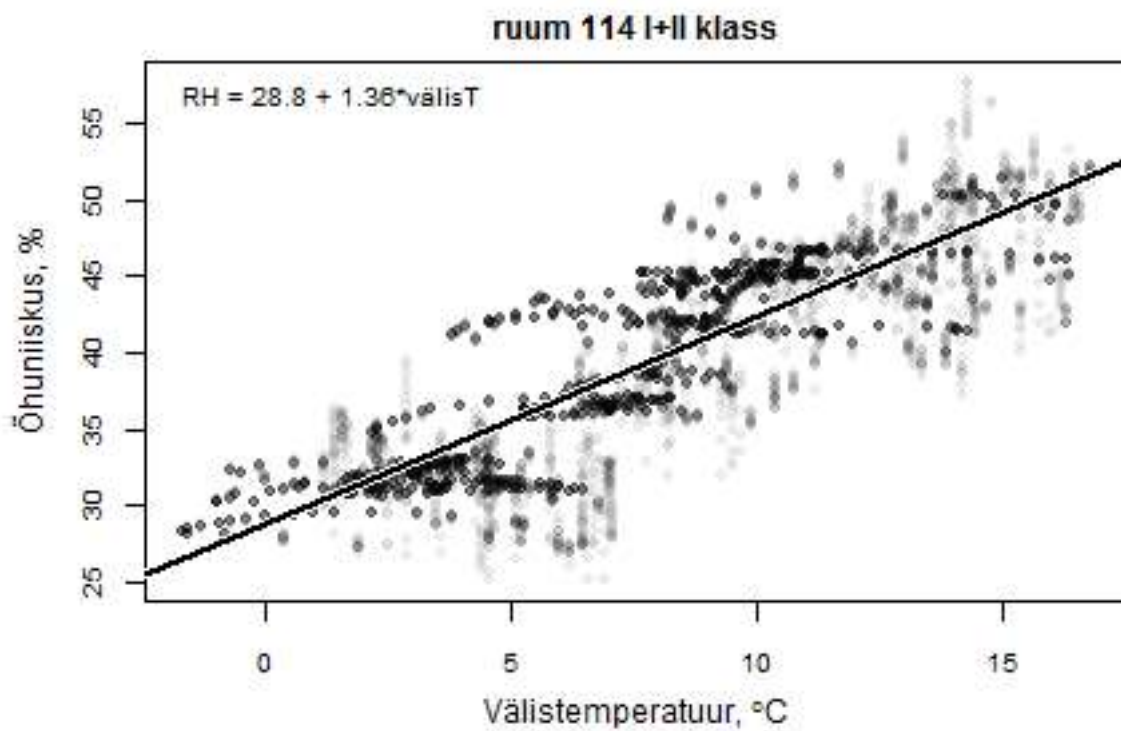
Graafik 22. Siseõhu suhtelise niiskuse muutus teise korruse puhkeruumis ööpäeva lõikes.



Graafik 23. Siseõhu suhtelise niiskuse sõltuvus välisõhu temperatuurist söögisaalis

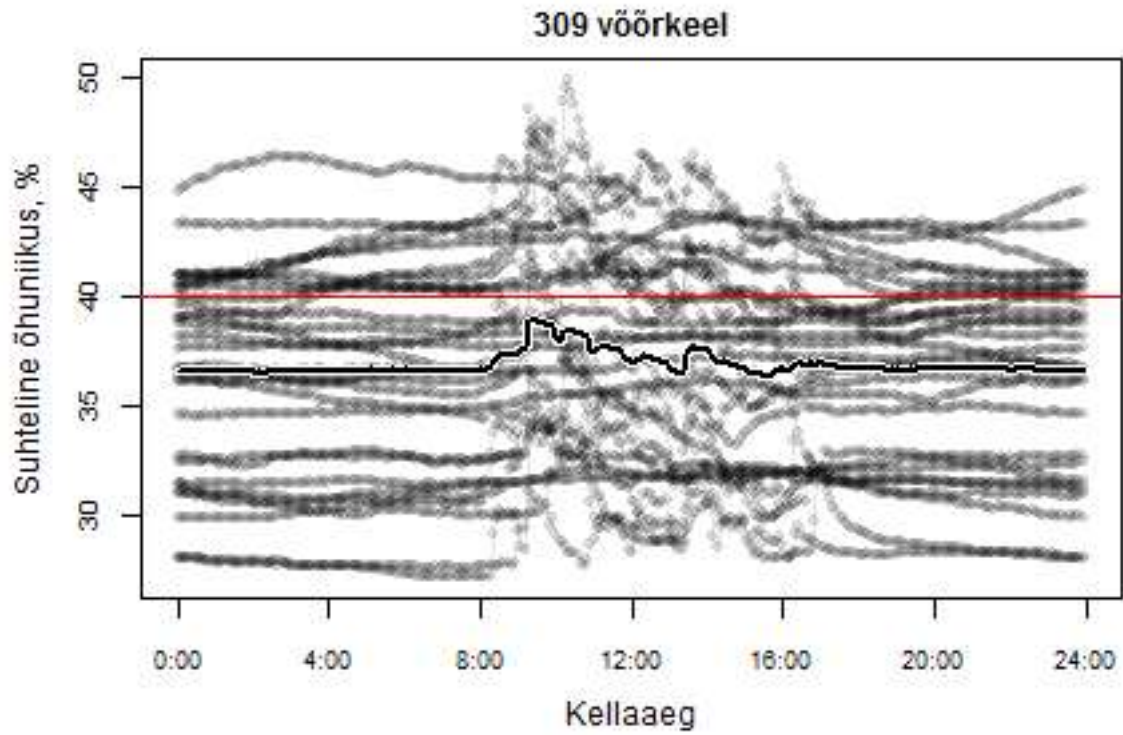


Graafik 24. Siseõhu suhtelise niiskuse muutus söögisaalis ööpäeva lõikes.

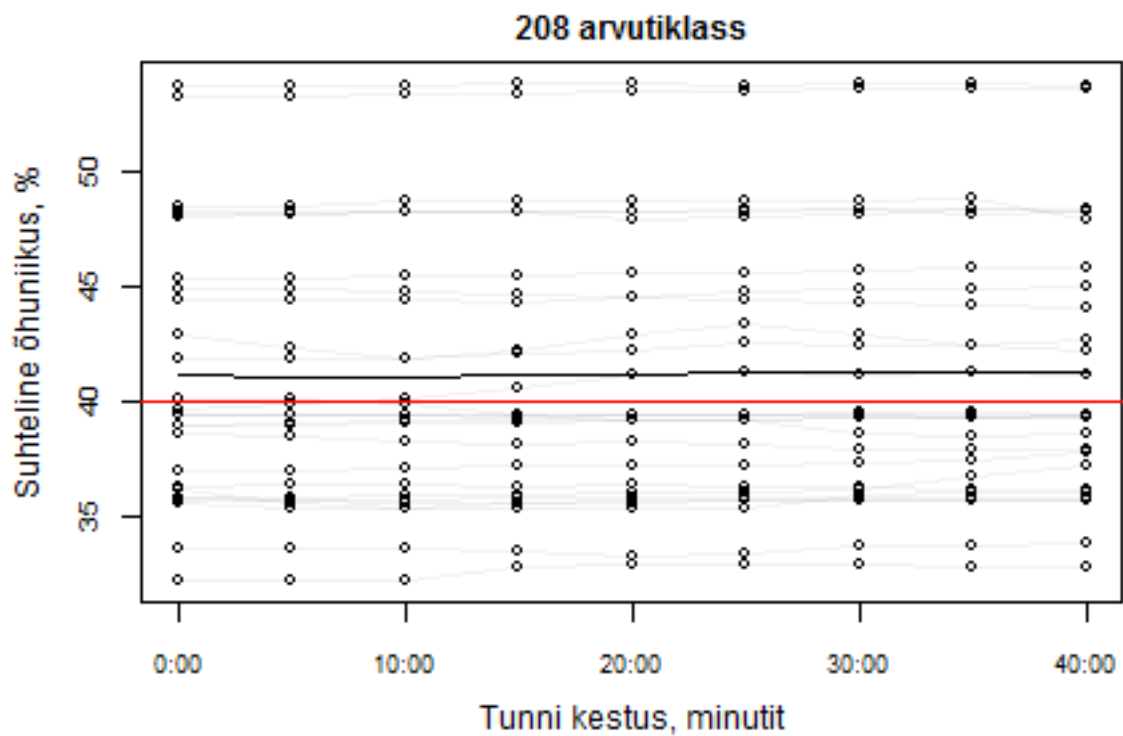


Graafik 25. Siseõhu suhtelise niiskuse sõltuvus välisõhu temperatuurist I ja II klassi ruumis 114





Graafik 26. Siseõhu suhtelise niiskuse muutus võõrkeele 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:

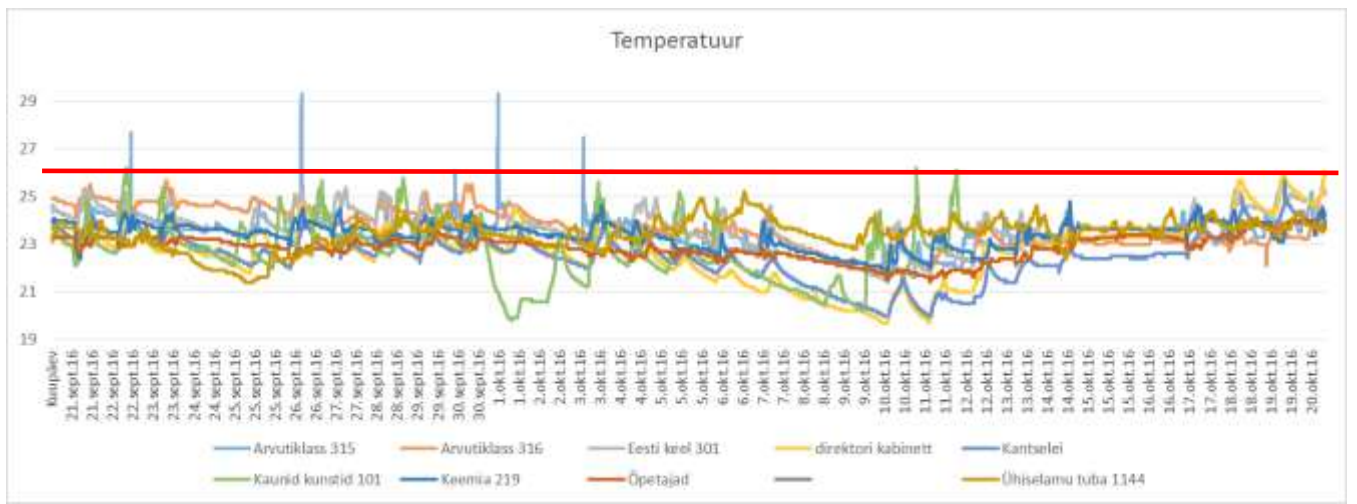
- Kasutatud monitor-loggerid E6226 ei töötanud ühtlaselt. Selle tulemusena toimusid nihked mõõtmisaja ja reaalaaja lõikes ning osad loggerid lõpetasid mõõtmise enne õiget tähtaega. Valveruumis 131 mõõtmine ebaõnnestus, kuna logger ei salvestanud andmeid. Kaunite kunstide ruumis 101 olid logeri andmed 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	B2ik / FÜR	201/306	EK	302	KK	SH	MA	201	AJ	303
M 3.	EK	301	AÕ / Mar	317 / 202	KE	219	BI	215	B2ik / FÜR	201/306	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 / 106/202	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	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 / FÜR	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.

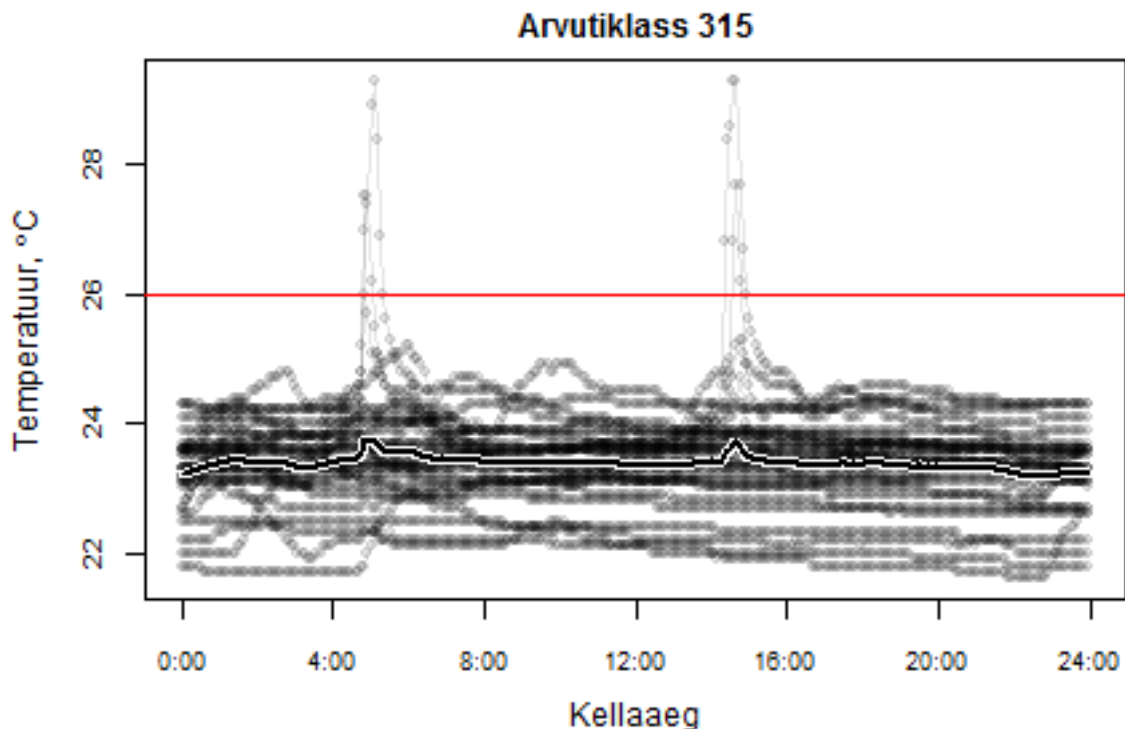


Graafik 28. Temperatuuride muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

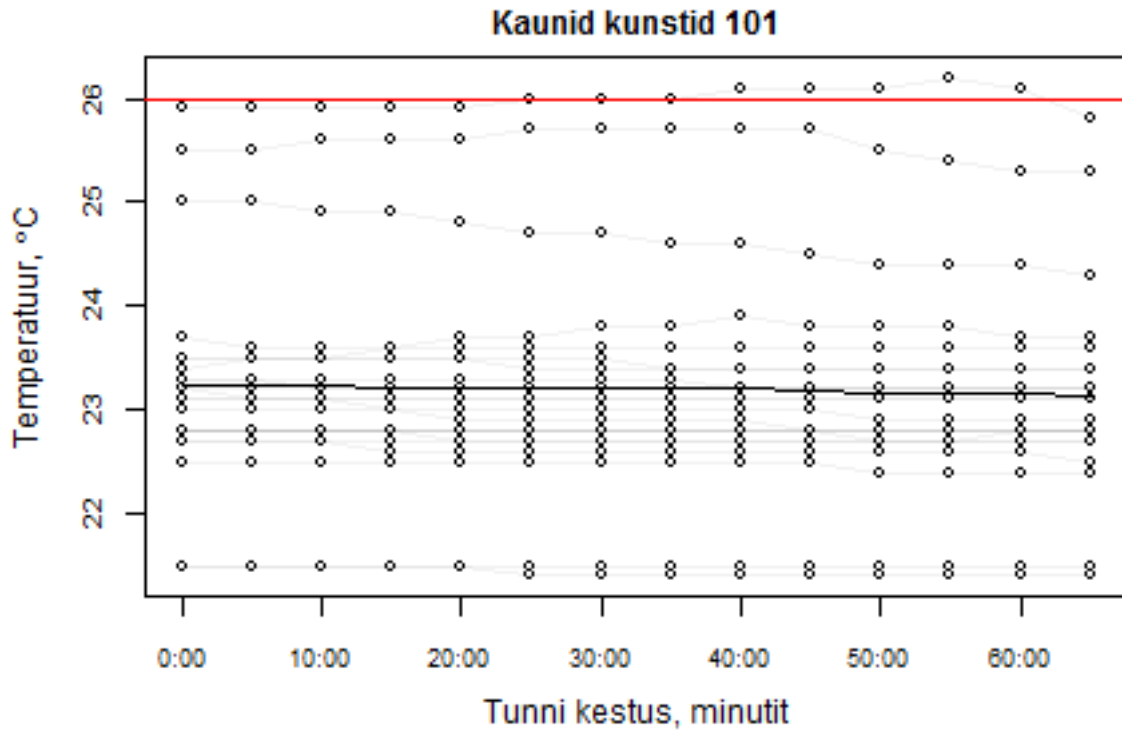
	Arvutiklas	Arvutiklas	Eesti keel	direktori k	Kantselei	Kaunid ku	Keemia 21	Õpetajad	Ühiselam	KOKKU
<b>KOKKU</b>	10668	10668	10668	10668	10668	6272	10018	10668	10668	<b>90966</b>
<b>Üle 26 °C</b>	19	0	0	0	0	7	0	0	0	<b>26</b>
<b>alla 19 °C</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>Üle 26 °C</b>	0,2%	0,0%	0,0%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

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

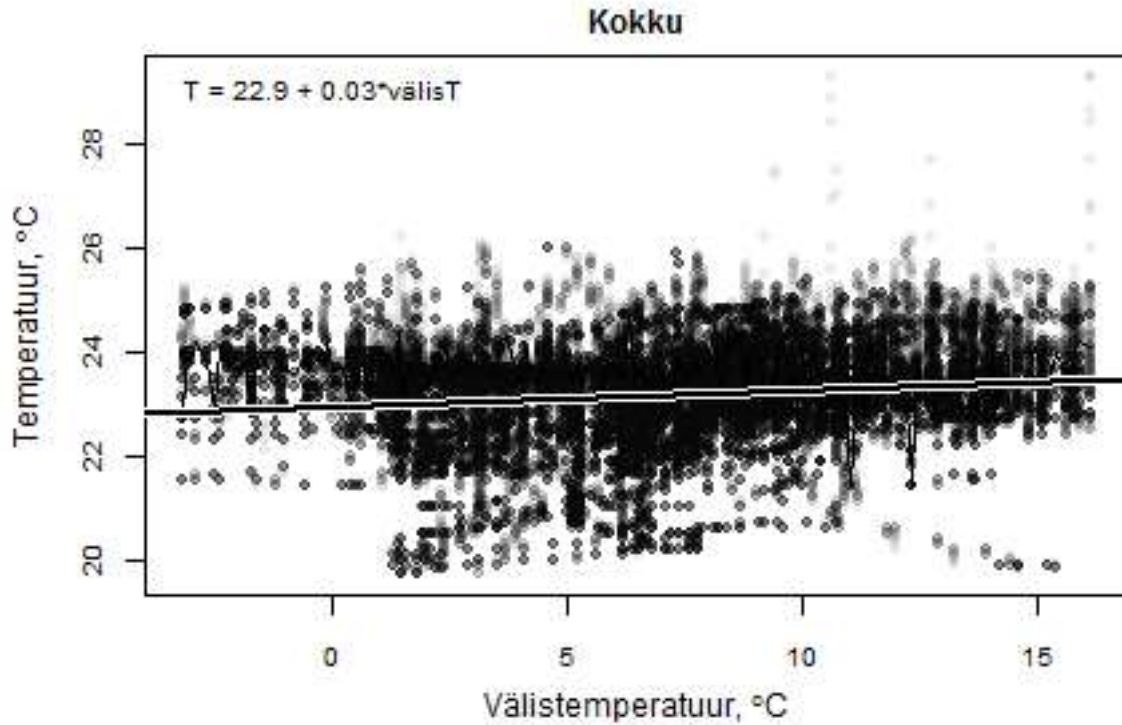
Graafikult 28 ja tabelist 10 lähtub, on temperatuur enamuses ajast lubatu piires. Kohati tõusis temperatuur lubatust kõrgemale arvutiklassis 315, kuid see on kogu mõõtmisperioodi jooksul vaid 95 minutit, mis on vaid 0,2% mõõtmisperioodi ajast. Nimetatud temperatuuri tõus on tingitud arvutite suurest 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.



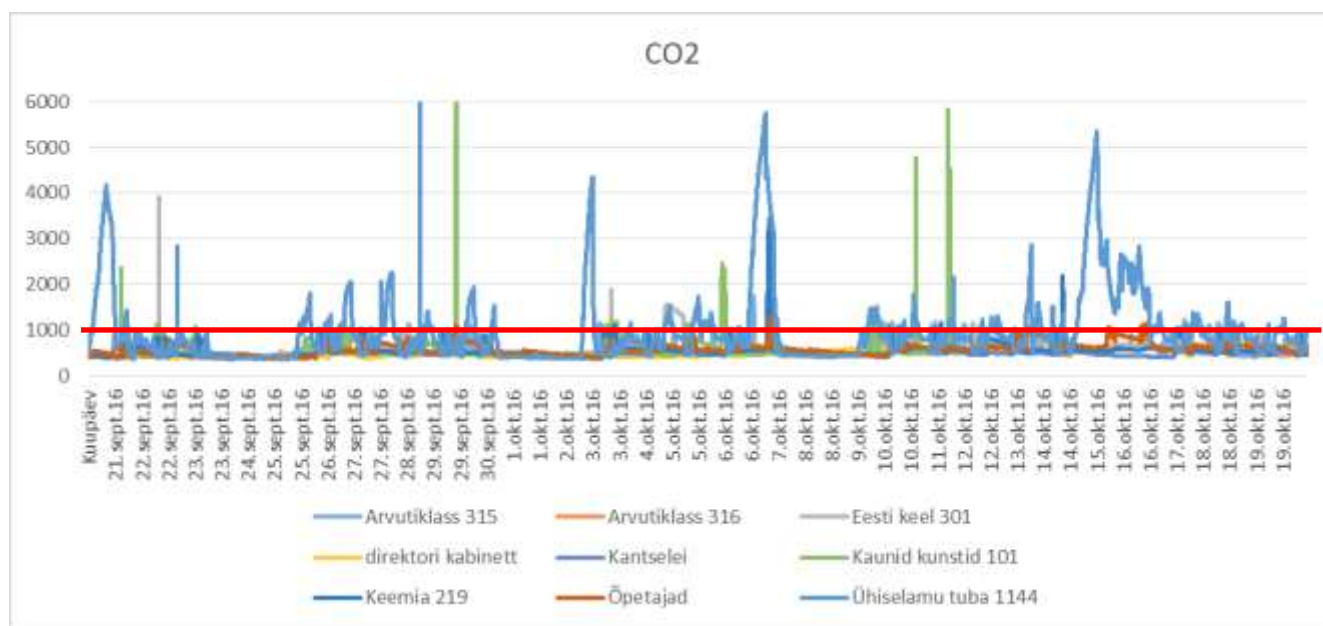
Graafik 31. Sisetemperatuuri sõltuvus välitemperatuurist

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 CO<sub>2</sub> sisaldus ruumiõhus.



Graafik 32. Ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus kogu mõõtmisperiodi ulatuses (mikrollitrit ppm liitris õhus).

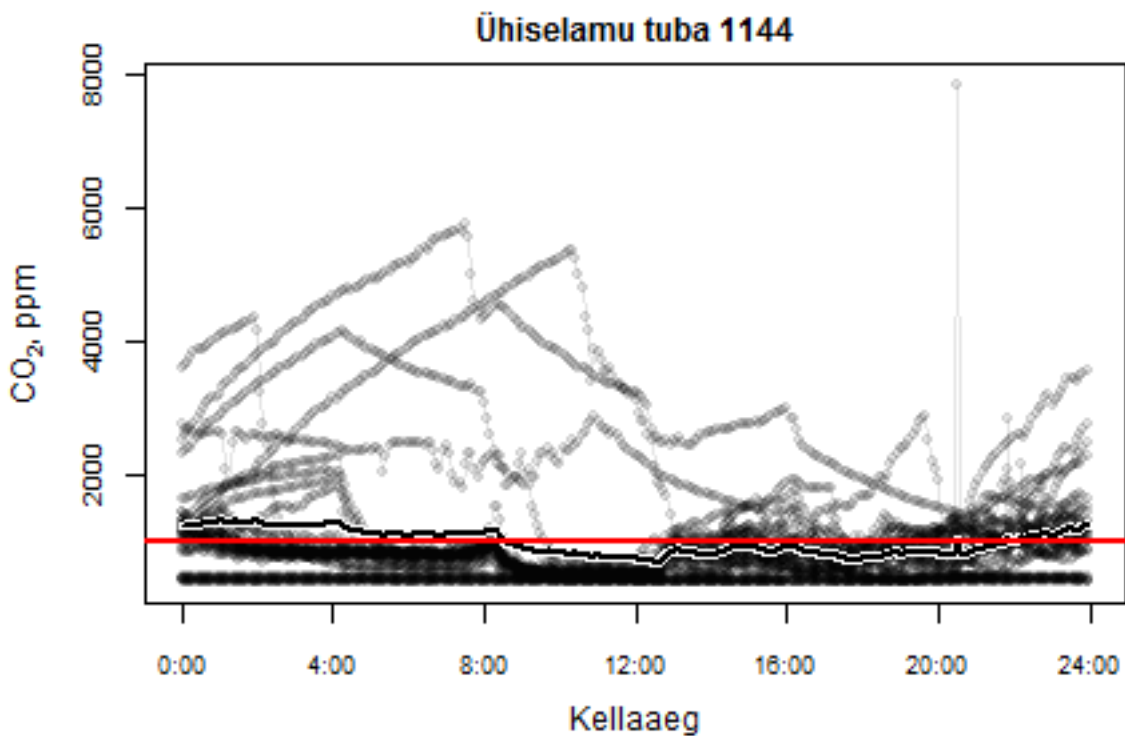
	Arvutiklas	Arvutiklas	Eesti keel	direktori k	Kantselei	Kaunid ku	Keemia 21	Õpetajad	Ühiselam	KOKKU
<b>KOKKU</b>	10668	10668	10668	10668	10668	6272	10018	10668	10668	<b>90966</b>
<b>Üle 1000 ppm</b>	164	54	425	1	41	206	125	101	2541	<b>3658</b>
<b>Üle 1000 ppm</b>	1,5%	0,5%	4,0%	0,0%	0,4%	3,3%	1,2%	0,9%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

Tabel 12. Lubatud CO<sub>2</sub> taset ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperiodi vältel

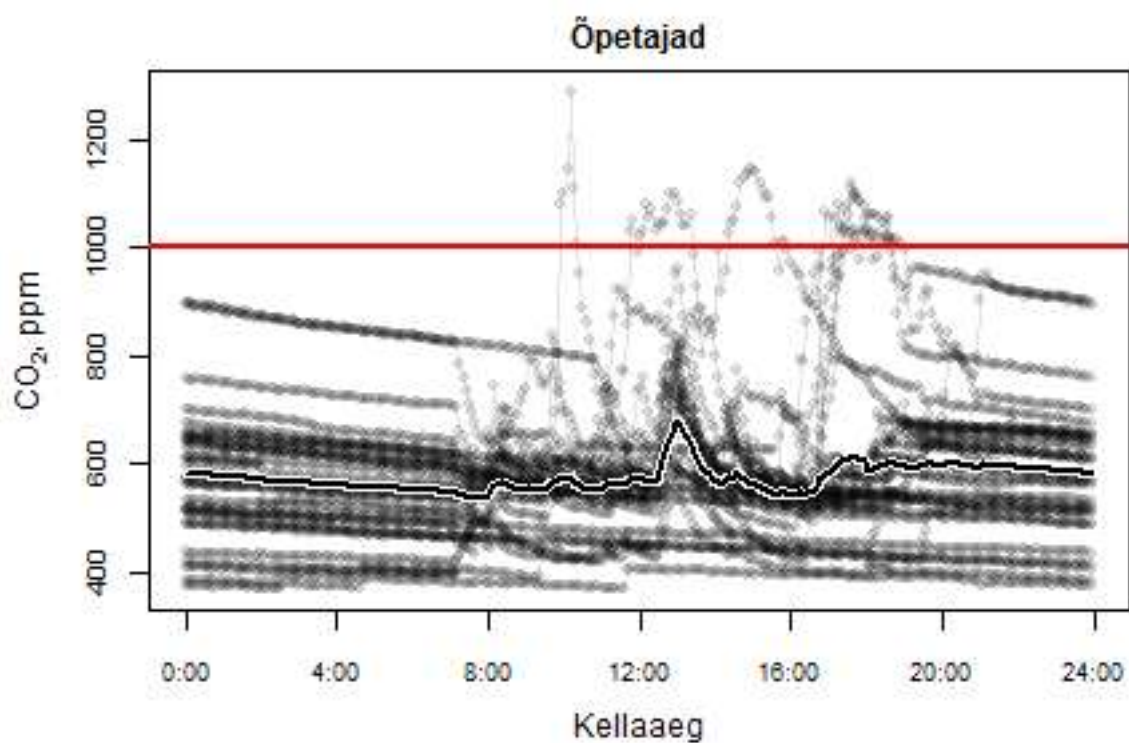
Graafikult 32 ja tabelist 12 lähtub, et CO<sub>2</sub> sisaldus ületab kõikides ruumides mingi ajaperioodi vältel lubatu piiri. Kõige suurem on ületamine ühiselamu toas ning kõige vähem direktori kabinetis. Graafikul 32 joonistub selgelt välja CO<sub>2</sub> jaotumine – õpetegevuse ajal näidud tõusevad ning öötundidel ja nädalavahetustel on CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> tase hakkab tõusma õhtul kella üheksa paiku ning tõuseb kuni hommikuni. Kohati on hommikul CO<sub>2</sub> tase üle 5000 ppm, mis on väga kriitiline suurus. Päevasel ajal langeb tase aeglaselt ning kohati ei jõua langeda alla lubatud piiri.

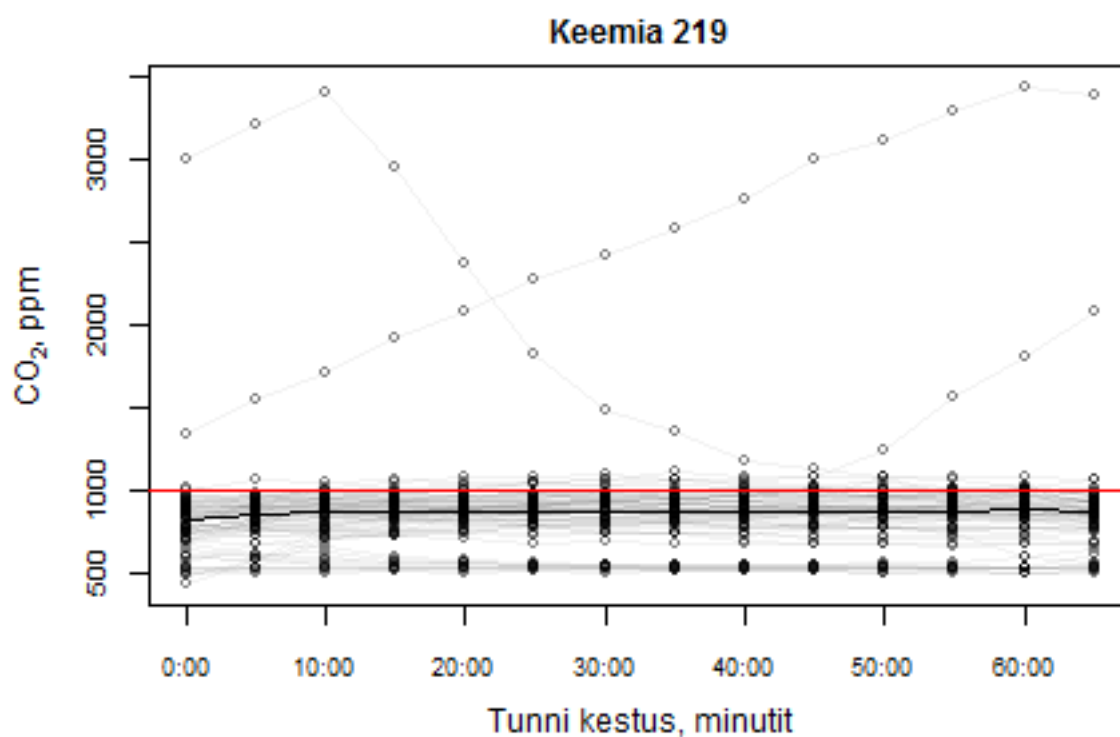
Graafikutelt 34-39 näeme, et ülejäänud ruumides on CO<sub>2</sub> taseme tõusmine üle lubatud piiri vaid üksikute tundide ajal ning jääb tabeli 12 põhjal alla 4% kogu mõõtmisperioodi ajast. Huvitav on asjaolu, et eesti keele ruumis on ühel öösel CO<sub>2</sub> tase (graafik 38) kogu öö püsinud väga kõrgel (4-5.oktoober). Kaunite kunstide klassis on CO<sub>2</sub> tase sageli kõige kõrgem väljaspool tunde.



Graafik 33. Ühiselamutoa 1144 ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus ööpäeva lõikes

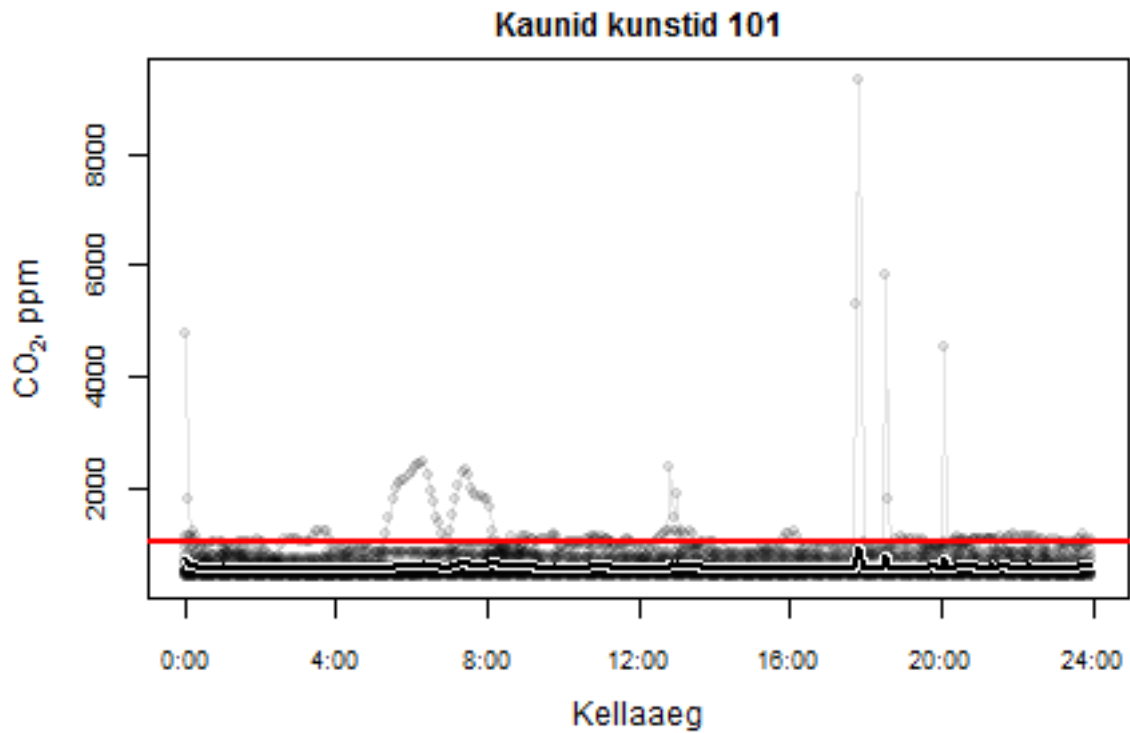


Graafik 34. Õpetajate toa ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus ööpäeva lõikes

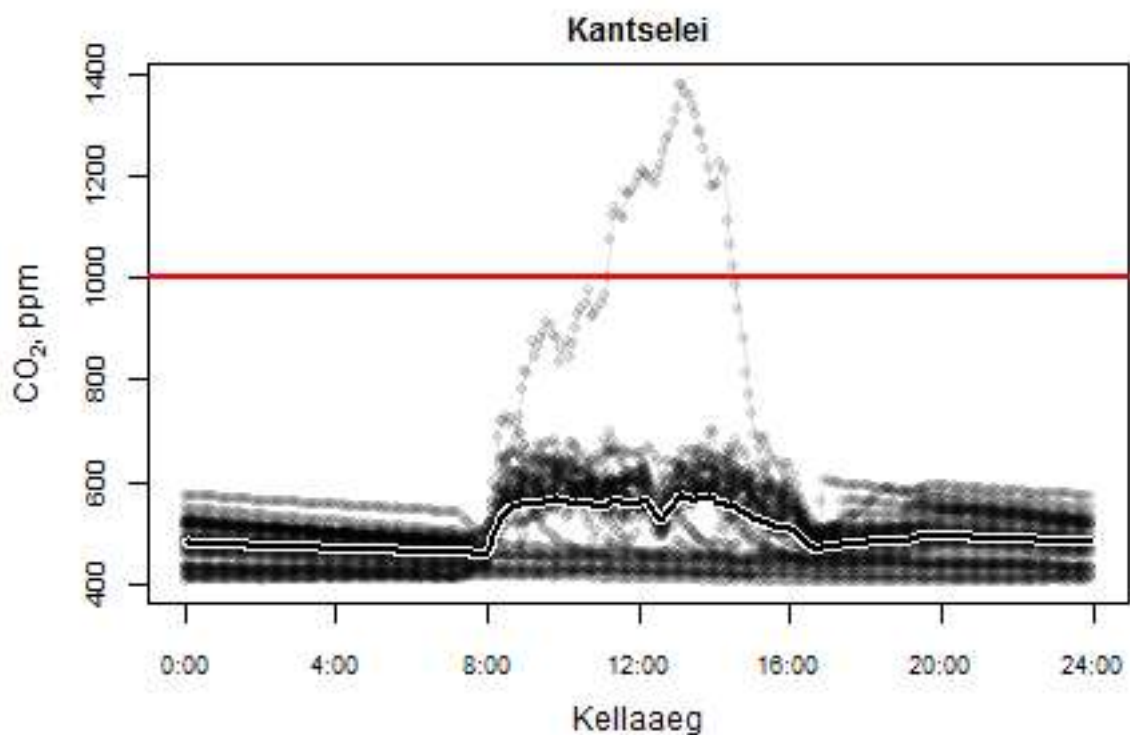


Graafik 35. Keemia klassi ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus õppeprotsessi tunni lõikes

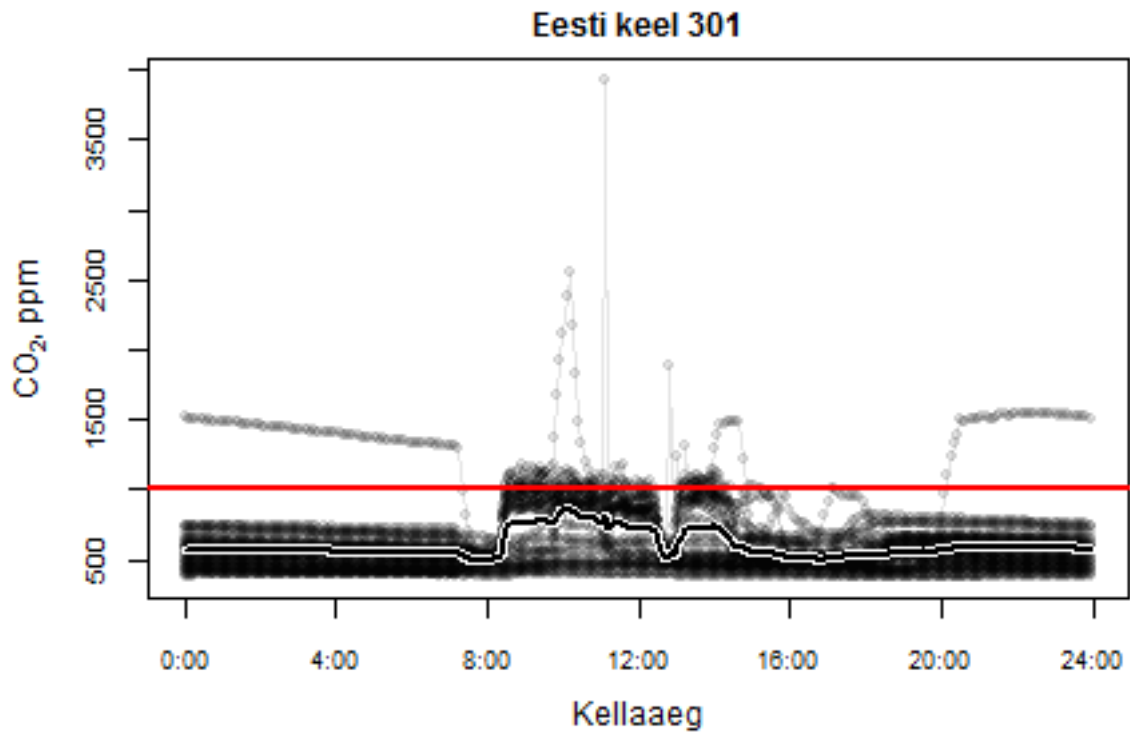




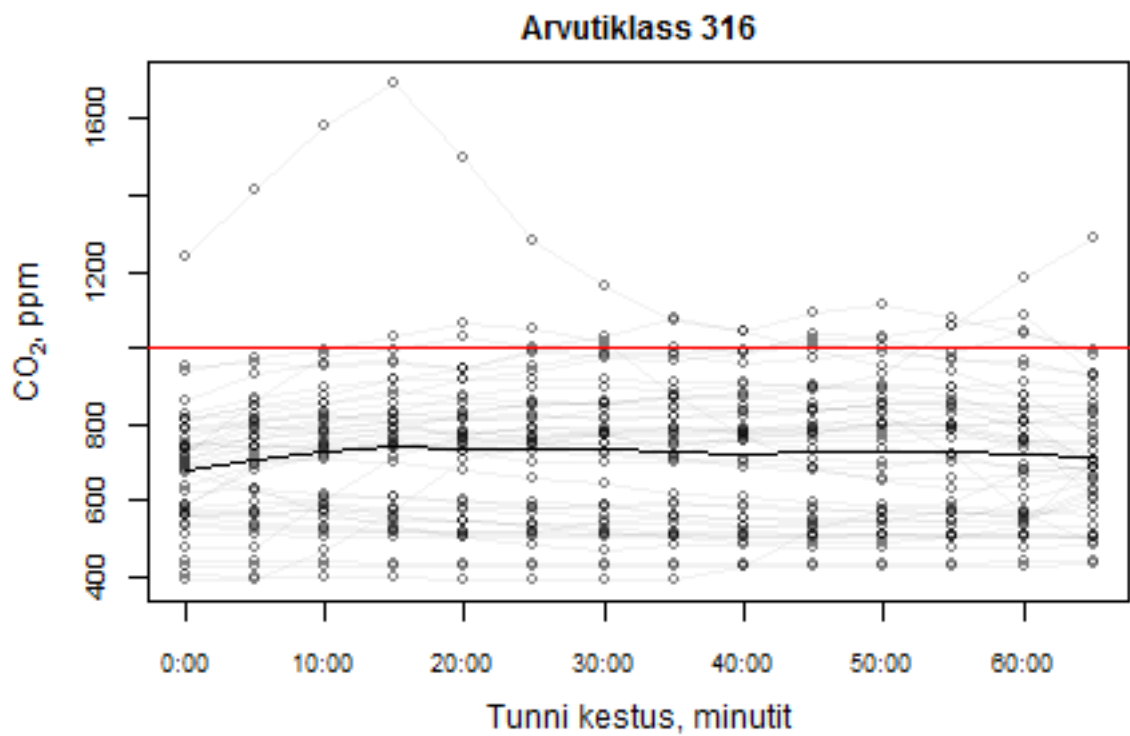
Graafik 36. Kaunite kunstide klassi ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus ööpäeva lõikes



Graafik 37. Kantselei ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus ööpäeva lõikes



Graafik 38. Arvutiklassi 315 ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus ööpäeva lõikes

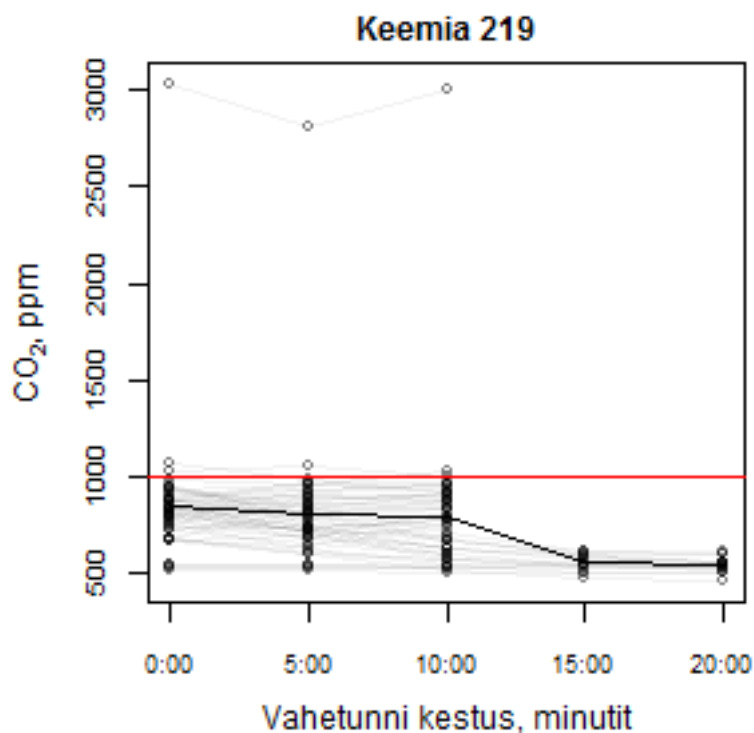


Graafik 39. Arvutiklassi 316 ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus õppeprotsessi tunni lõikes

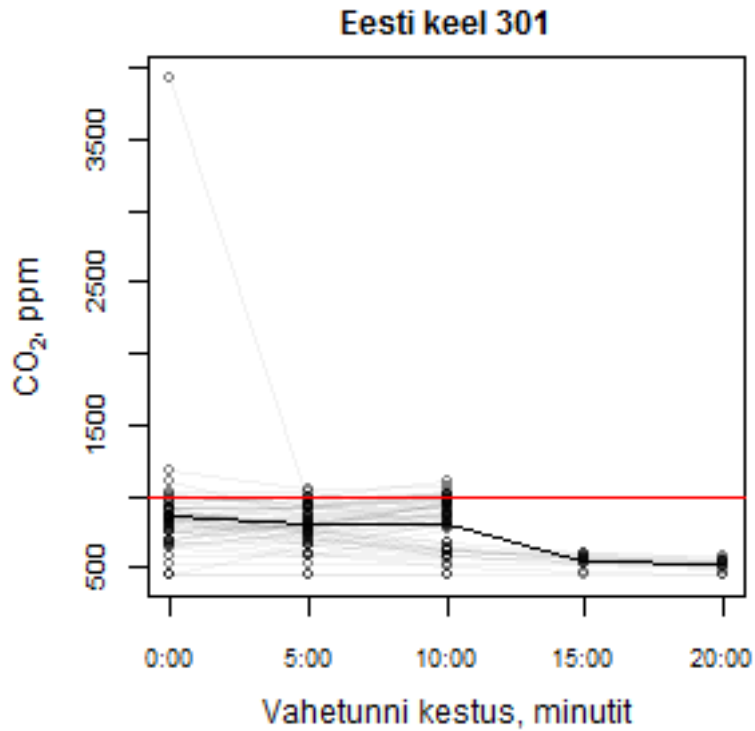
Lühikeste vahetundide (10 min) jooksul langes CO<sub>2</sub> tase minimaalselt või isegi tõusis pisut (graafikud 40-42) kuid pika vahetunni (20 min) puhul oli CO<sub>2</sub> taseme langus ruumiõhus tuntav. Tabeli 13 põhjal on näha, et kõige kiiremini langes CO<sub>2</sub> tase vahetunni ajal eesti keele klassis ja kaunite kunstide klassis vahetunni ajal CO<sub>2</sub> tase hoopis tõusis pisut.

Ruum	Keskmine	Standard- hälve	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

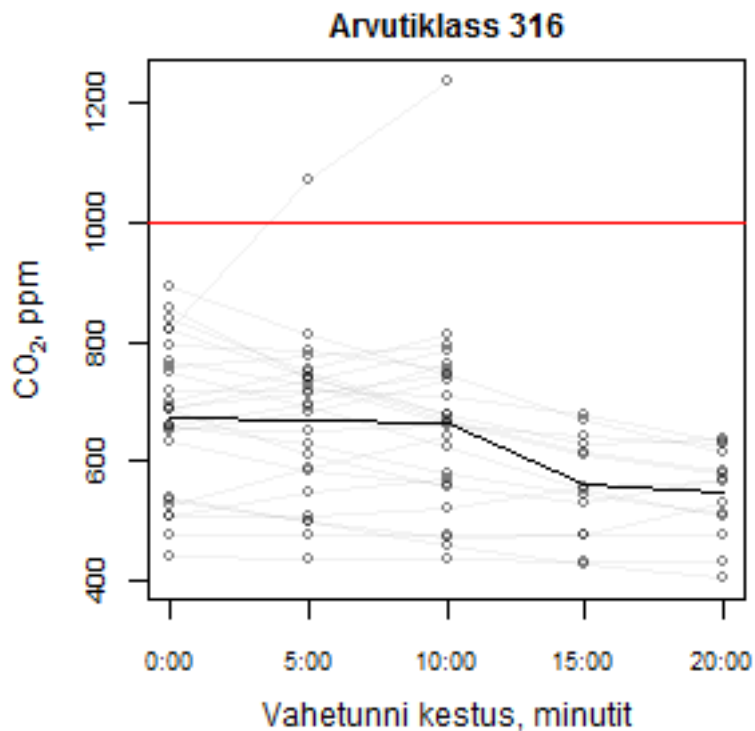
**Tabel 13.** CO<sub>2</sub>-sisalduse (ppm) olulisemad arvarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste vahetundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul vahetunni esimese 10 minuti kestel



Graafik 40. Keemia klassi 219 CO<sub>2</sub> taseme muutus vahetunni lõikes



Graafik 41. Eesti keele klassi 301 CO<sub>2</sub> taseme muutus vahetunni lõikes

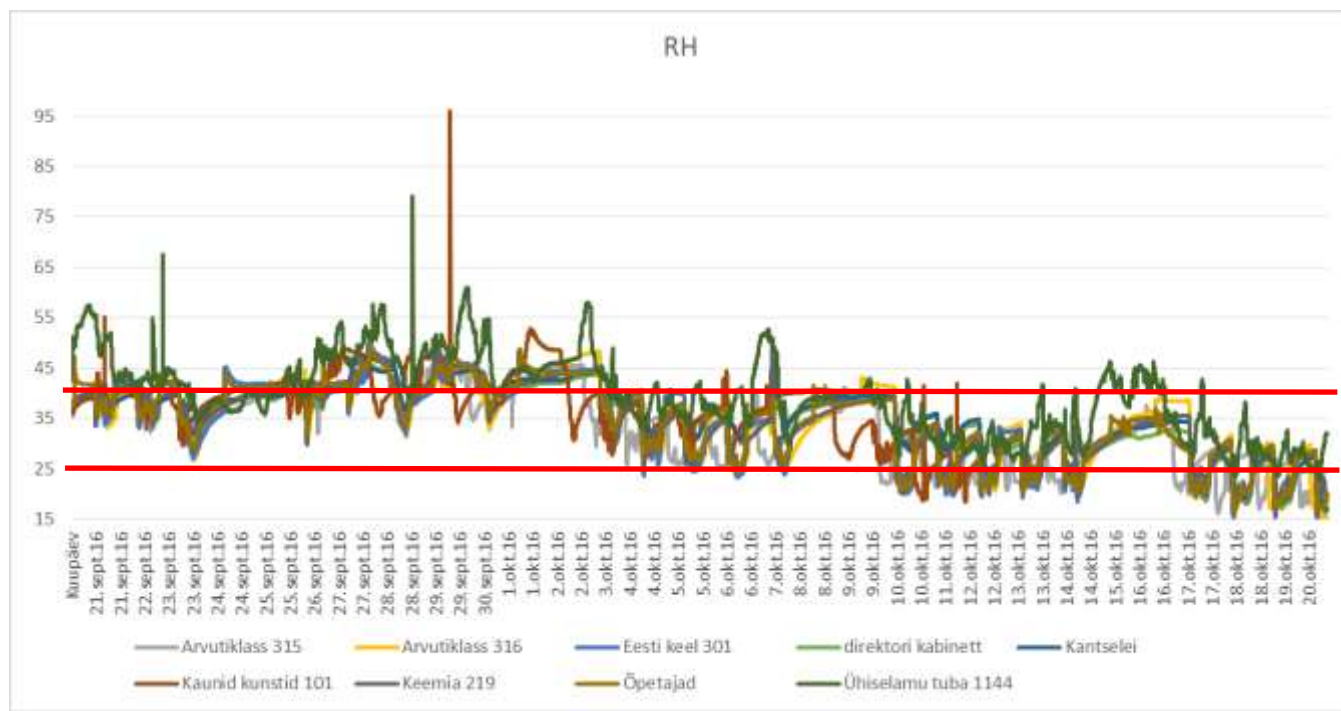


Graafik 42. Arvutiklassi 316 CO<sub>2</sub> taseme muutus vahetunni lõikes

CO<sub>2</sub> 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



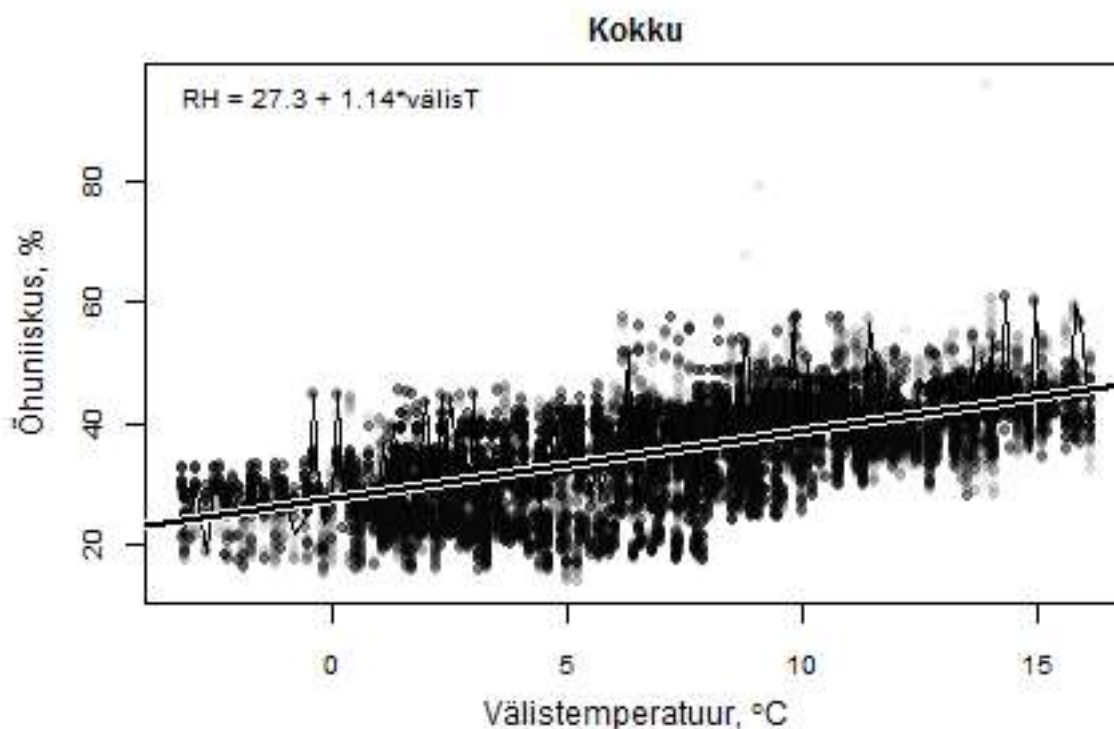
Graafik 43. Ruumiõhu suhtelise õhuniiskuse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

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

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.

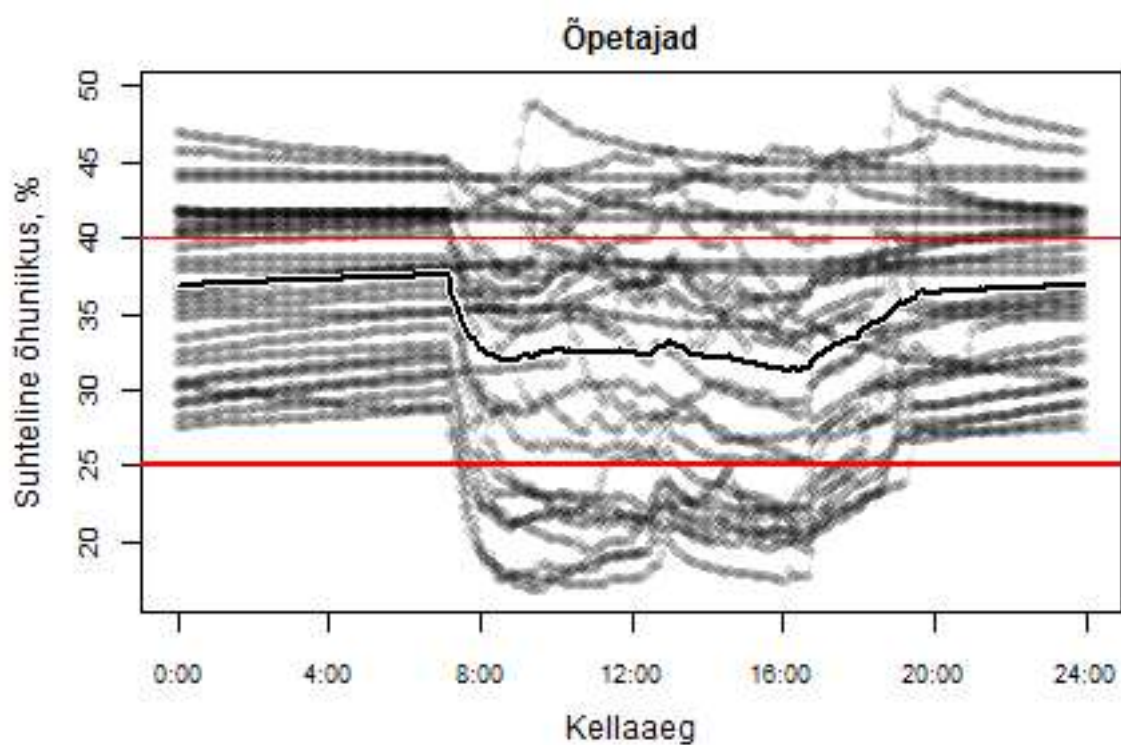


Graafik 44. Siseõhu suhtelise õhuniiskuse ja välisõhu temperatuuri vaheline seos

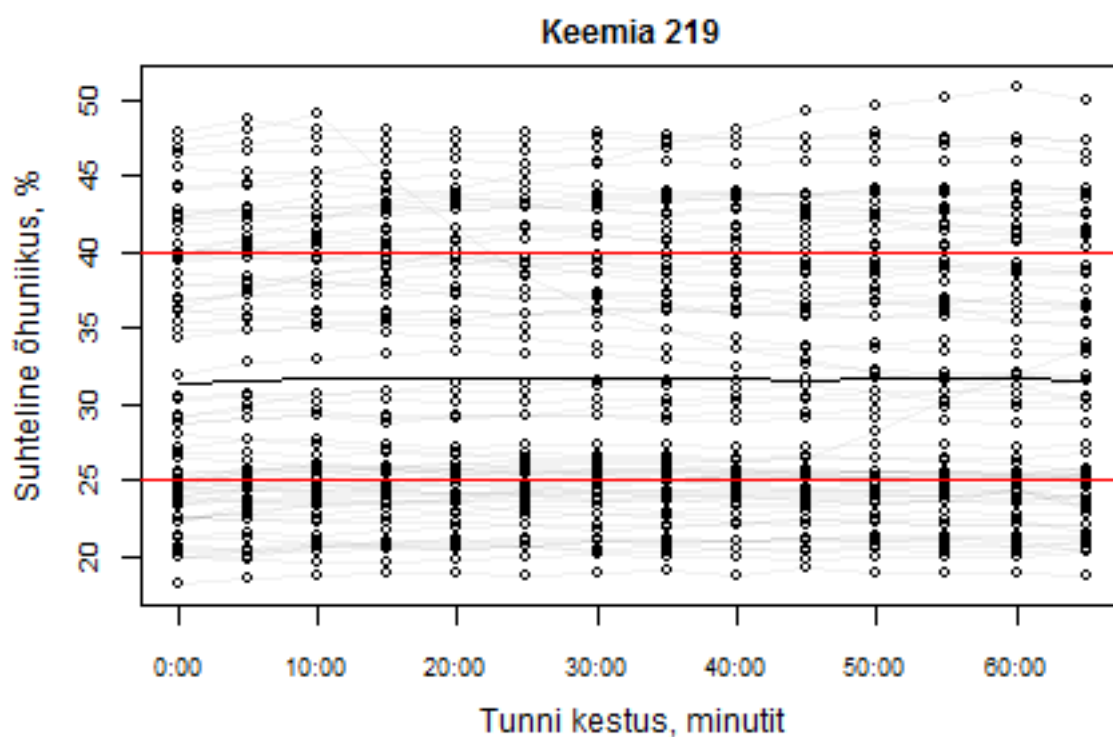
Ruum	Keskmine	Standard- hälve	Mediaan	Miinum	Maksimu m	Korrelatsioon välisemp,- ga
Arvutiklass 315	33,57	7,30	34,6	16,2	48,4	0,77
Arvutiklass 316	34,02	7,74	35,1	13,5	48,4	0,55
direktori kabinet	34,99	6,95	36,6	15,5	47,7	0,70
Eesti keel 301	34,44	7,62	35,1	15,2	50,1	0,60
Kantselei	35,51	6,70	37,2	16,4	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

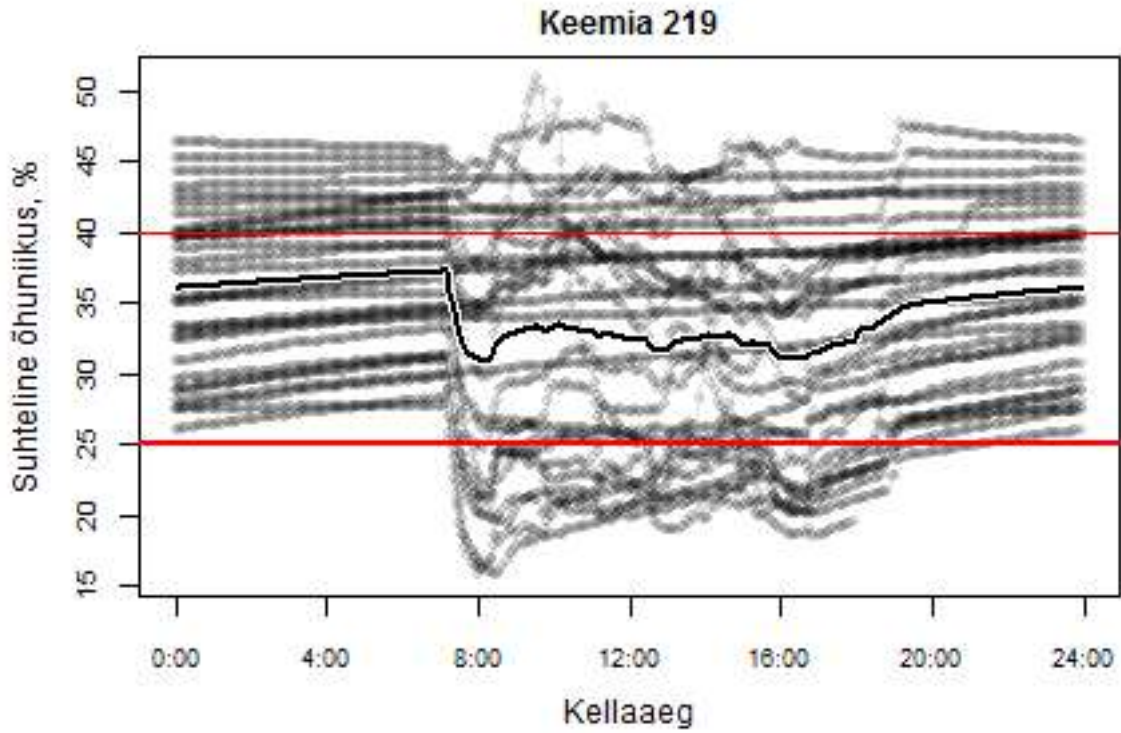
Analüüsidest suhtelise õhuniiskuse graafikuid ööpäeva ja õppetöö tundide lõikes (graafikud 45-54) võib täheldada asjaolu, et tundide alates langeb suhteline õhuniiskus järsult ja pärast tundide lõppu tõuseb aeglaselt. Selline muutus näitab, et ventilatsioon lülitatakse tundide alguses kohe intensiivsemaks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



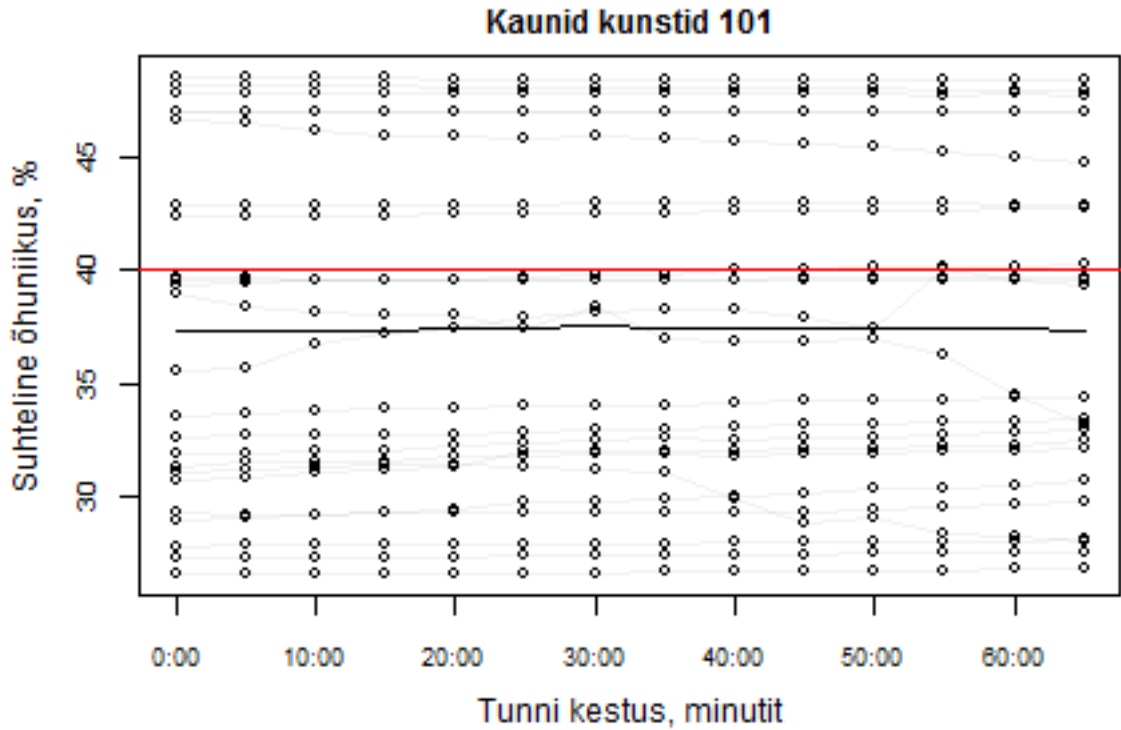
Graafik 45. Õpetajate toa suhtelise õhuniiskuse tasemete muutus ööpäeva lõikes



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

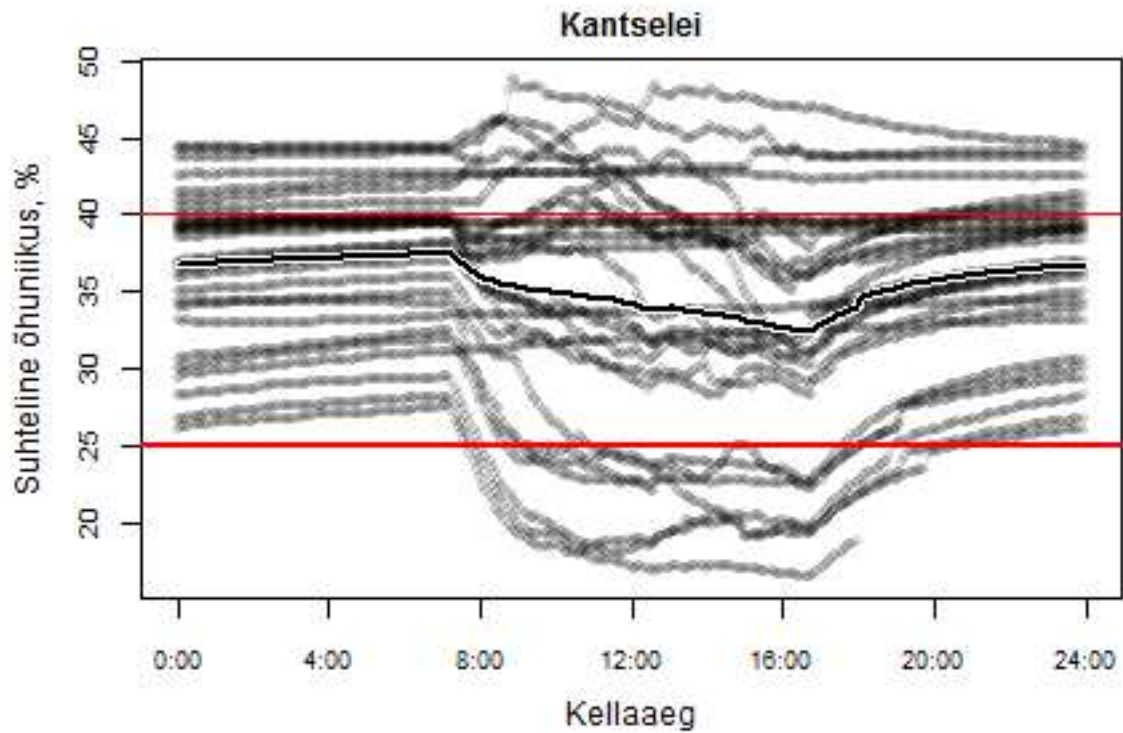


Graafik 47. Keemia klassi suhtelise õhuniiskuse tasemete muutus ööpäeva lõikes

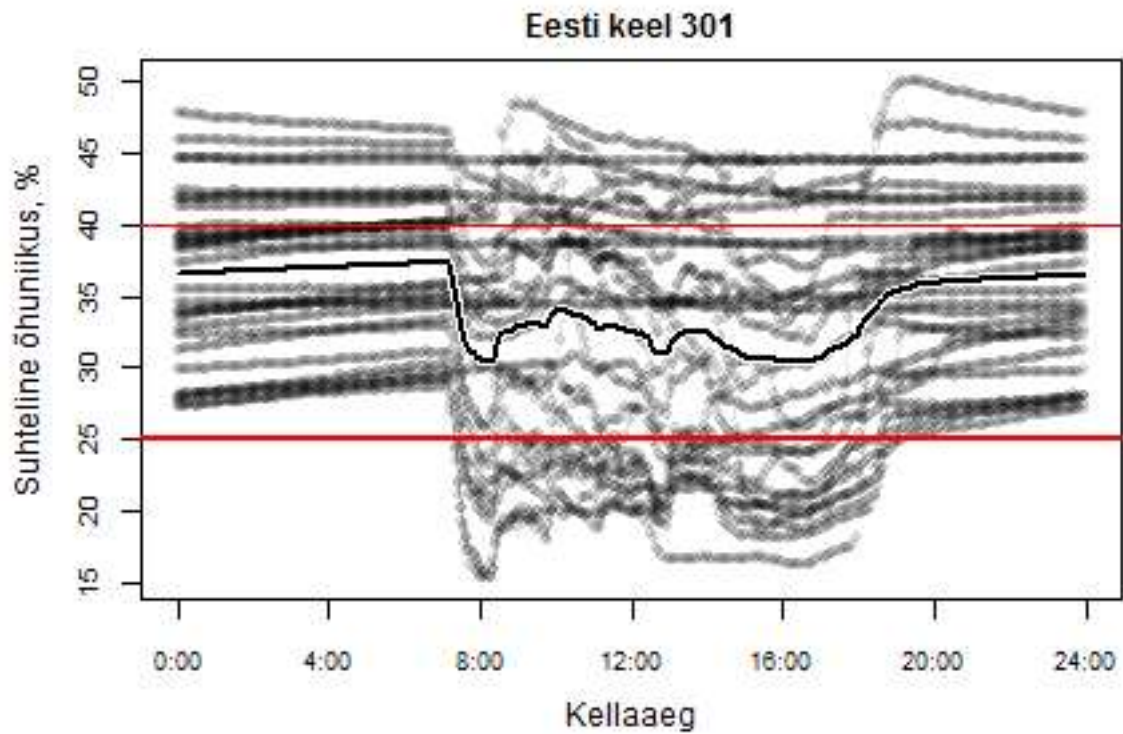


Graafik 48. Kaunite kunstide klassi suhtelise õhuniiskuse tasemete muutus õppetöö tunni lõikes

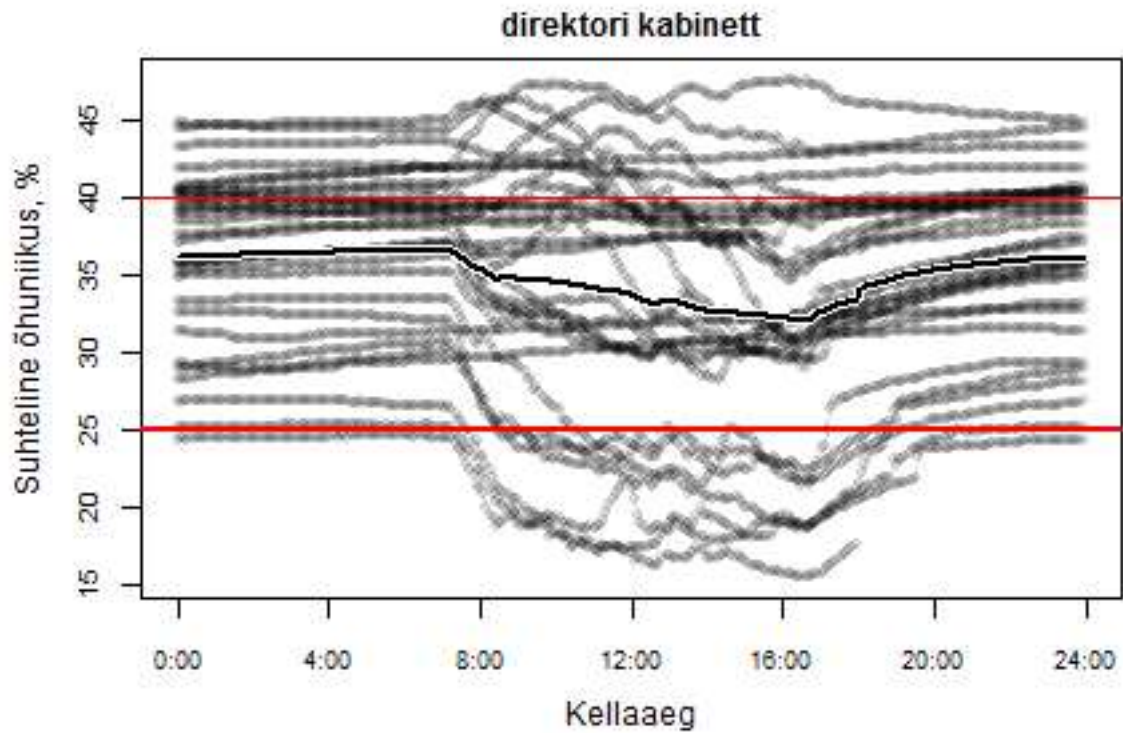




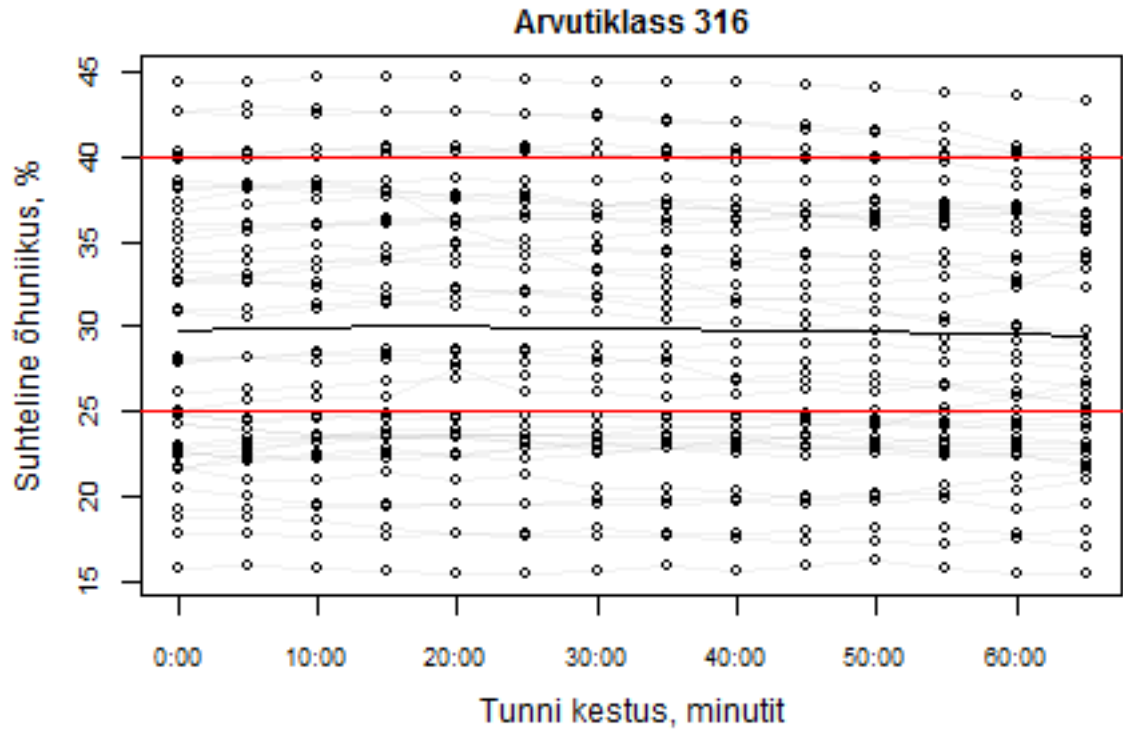
Graafik 49. Kantselei suhtelise õhuniiskuse tasemete muutus ööpäeva lõikes



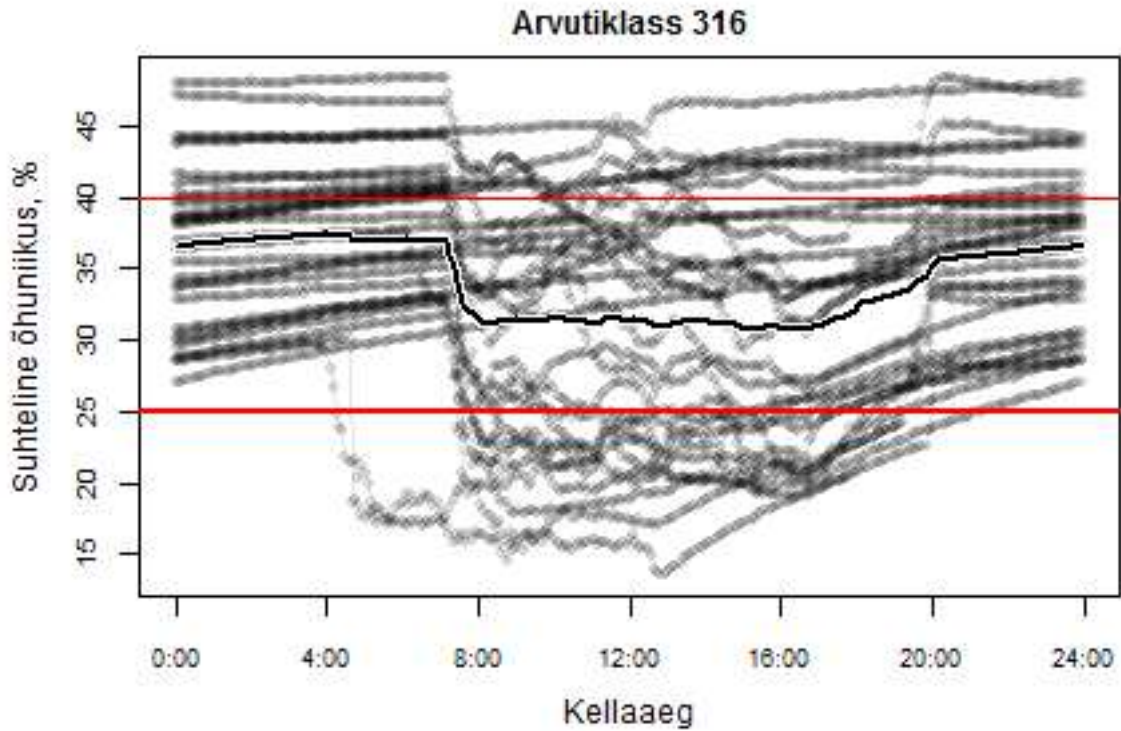
Graafik 50. Eesti keele klassi suhtelise õhuniiskuse tasemete muutus ööpäeva lõikes



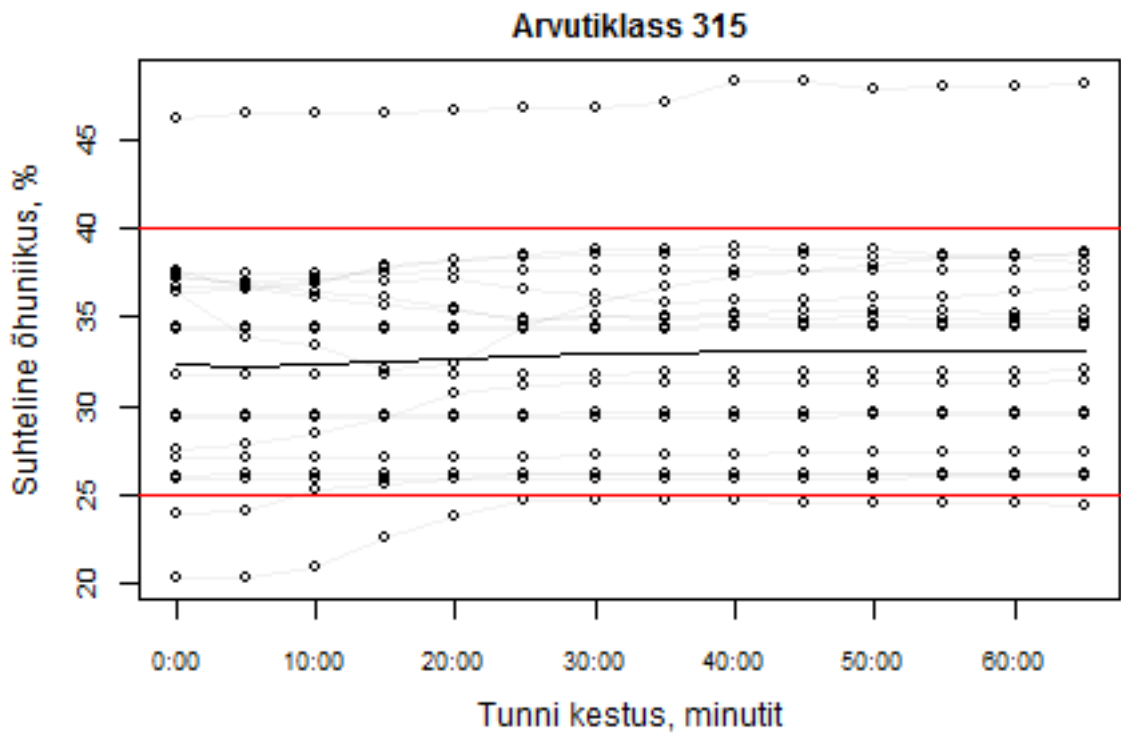
Graafik 51. Direktori kabineti suhtelise õhuniiskuse tasemete muutus ööpäeva lõikes



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  $-20^{\circ}\text{C}$  juures Nõo Realgümnaasiumis 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  $\text{CO}_2$  taset.
- Mõõdistused toimusid ajavahemikul kui välistemperatuur oli enamasti 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.



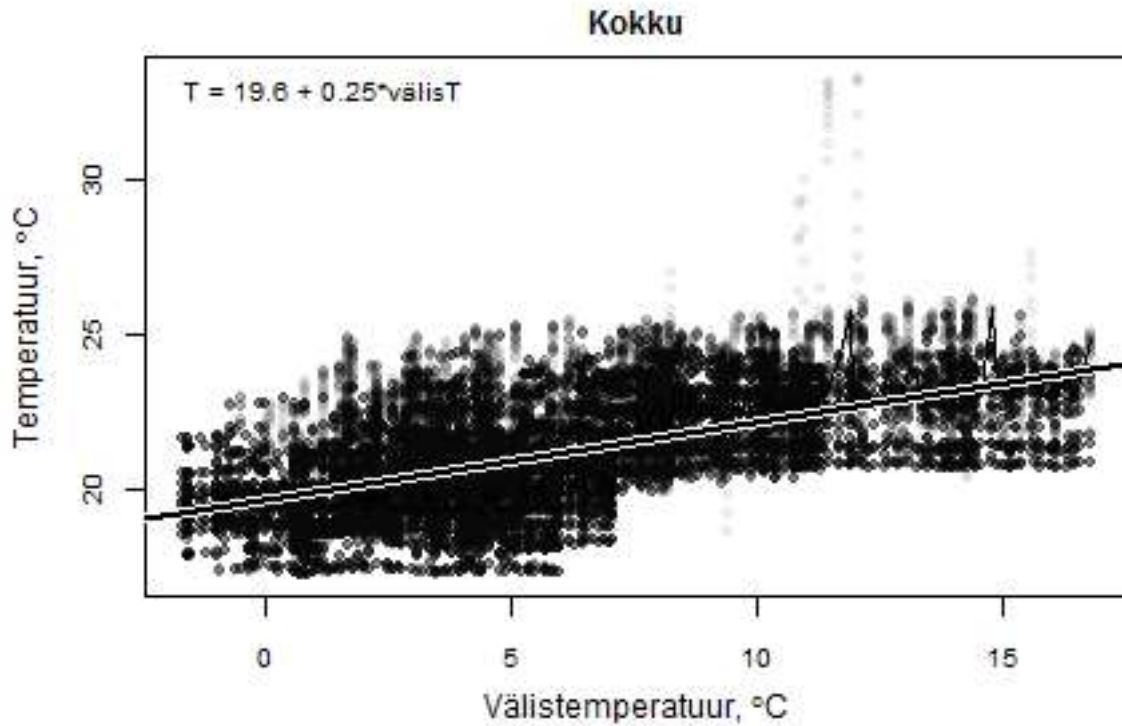
	Bioloogia	Eesti keel	Eesti keel	Humanita	Inglise ke	Inglise ke	Kelder 01	Kelder pu	Loodusain	Võõrkeel	KOKKU
<b>KOKKU</b>	8449	8461	8335	8468	6358	8451	8473	8474	8463	8467	<b>82399</b>
<b>Üle 26 °C</b>	5	0	1	0	0	0	26	0	11	0	<b>43</b>
<b>alla 19 °C</b>	1463	0	0	1618	566	1958	0	1232	2958	0	<b>9795</b>
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

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).

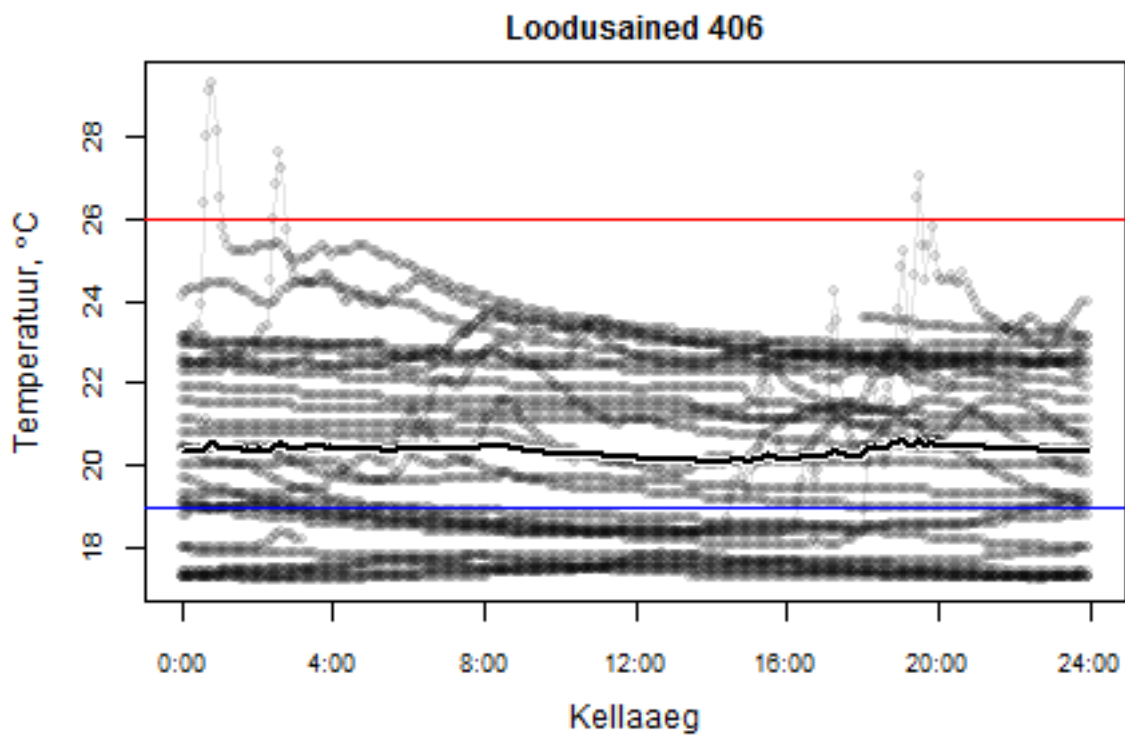
Ruum	Keskmine	Standard- hälve	Mediaan	Miinum	Maksimu m	Korrelatsioon välisemp,- ga
Bioloogia 419	21,55	2,02	21,8	18,3	26,2	0,76
Eesti keel 111	22,92	1,31	23,3	20,8	25,7	0,68
Eesti keel 107	22,34	1,55	22,7	19,7	26,1	0,68
Humanitaar 210	20,79	1,66	21	17,9	24,3	0,70
Inglise keel 315	20,47	1,12	20,5	18,6	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

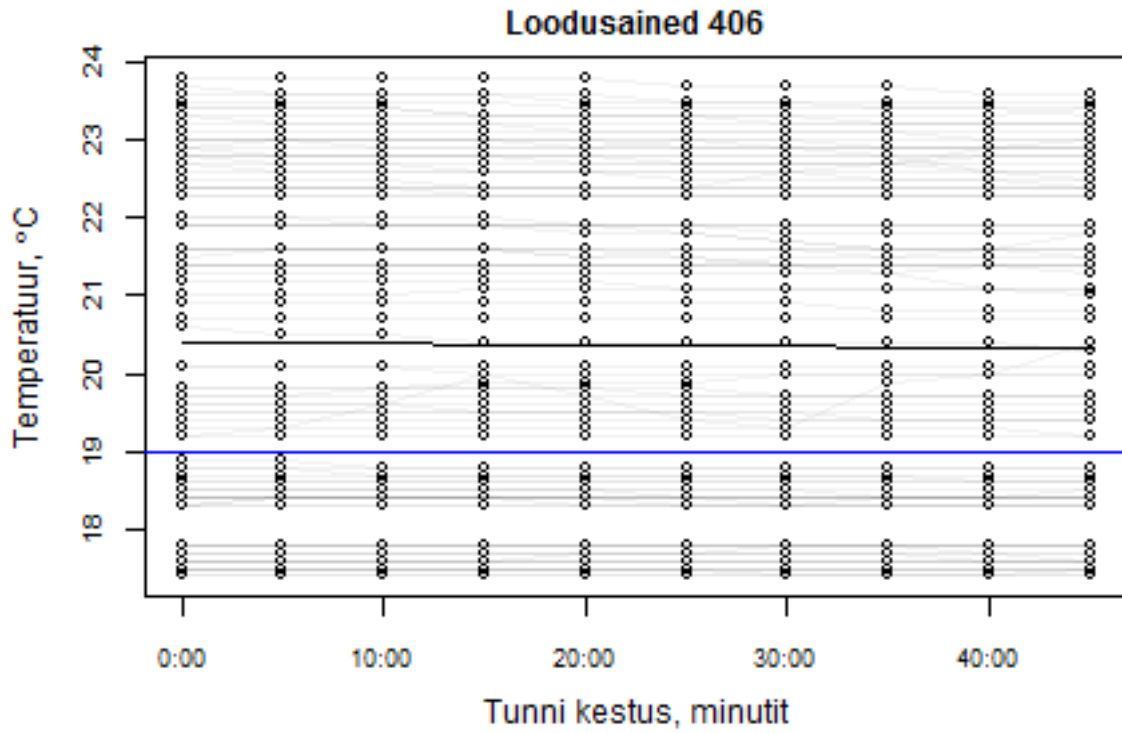


Graafik 56. Siseõhu temperatuuri sõltuvus välisõhu temperatuurist.

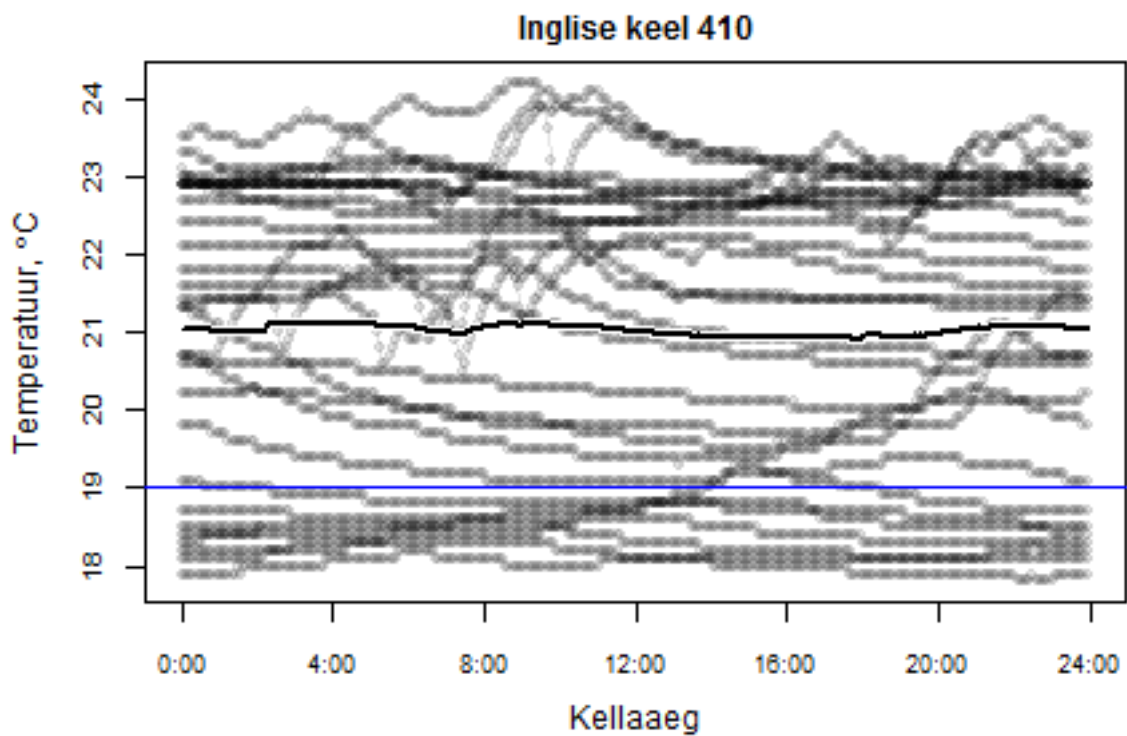
Analüüsid õhutemperatuuri ööpäeva ja õppetöö tundide lõikes (graafikud 57- 66), näeme, et temperatuuri muutused on marginaalsed. Seega mõjutavad õpilased ruume kasutades õhutemperatuuri minimaalselt ning ventilatsioon ja küte on ruumides ühtlane.



Graafik 57. Õhutemperatuuri muutus loodusainete klassis ööpäeva lõikes

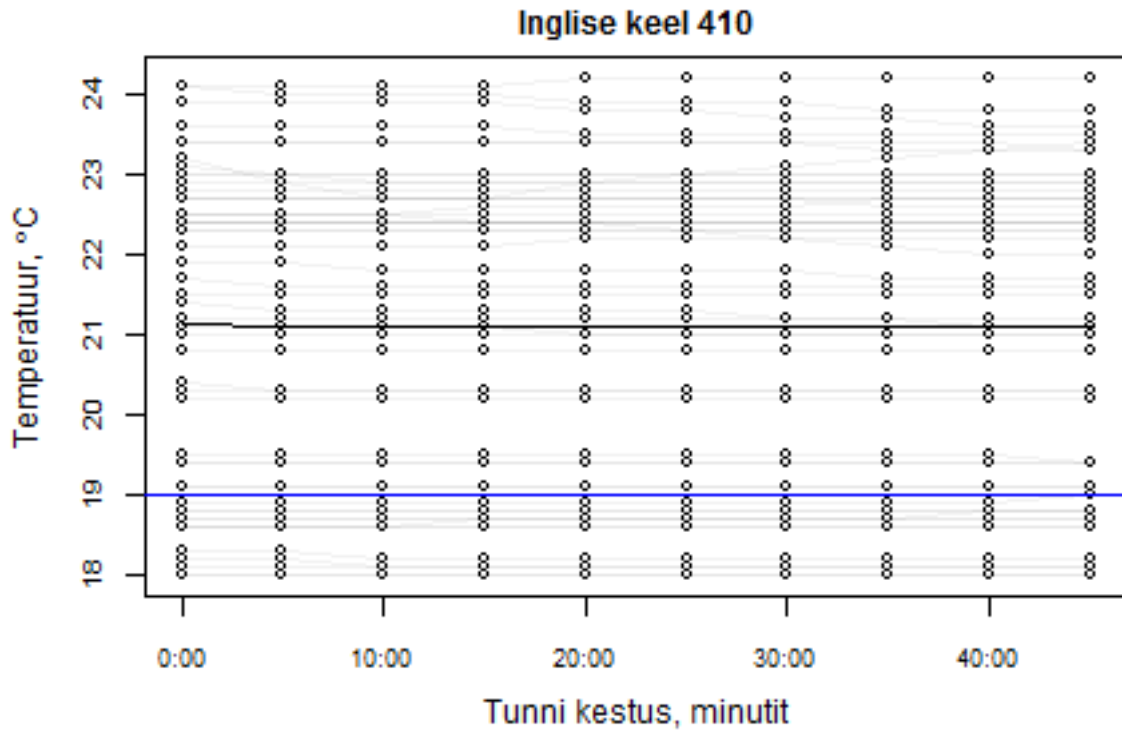


Graafik 58. Õhutemperatuuri muutus loodusainete klassis õppetöö tunni lõikes

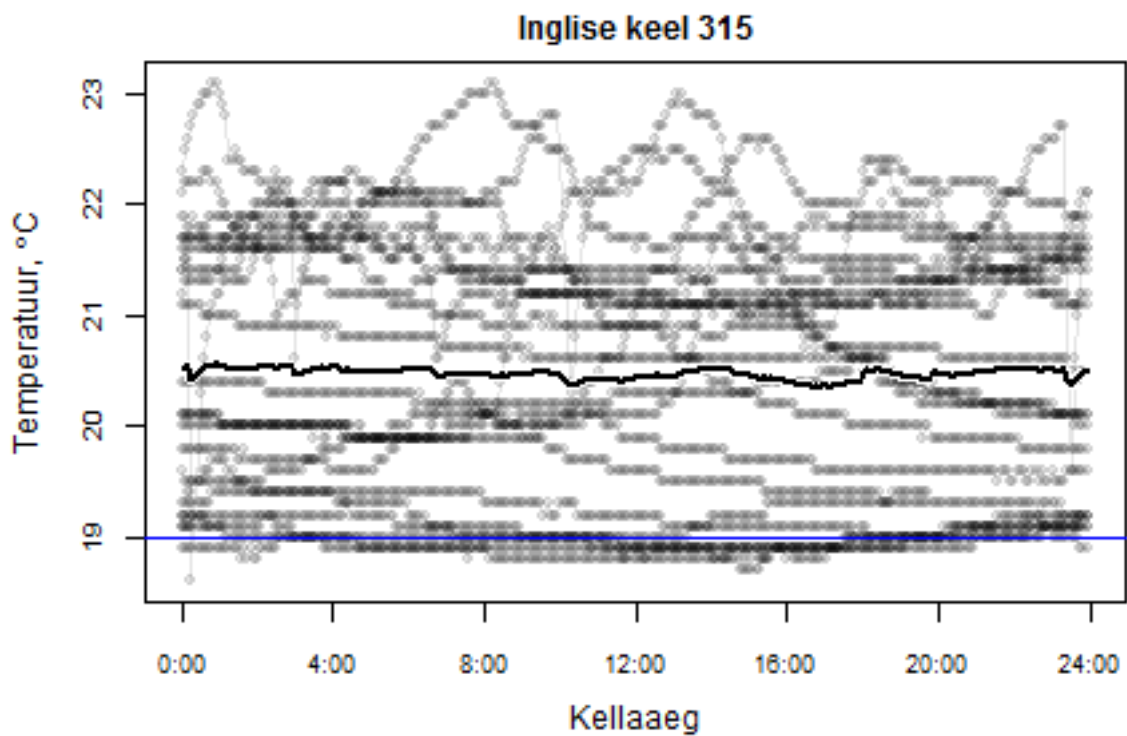


Graafik 59. Õhutemperatuuri muutus inglise keele klassis 410 ööpäeva lõikes

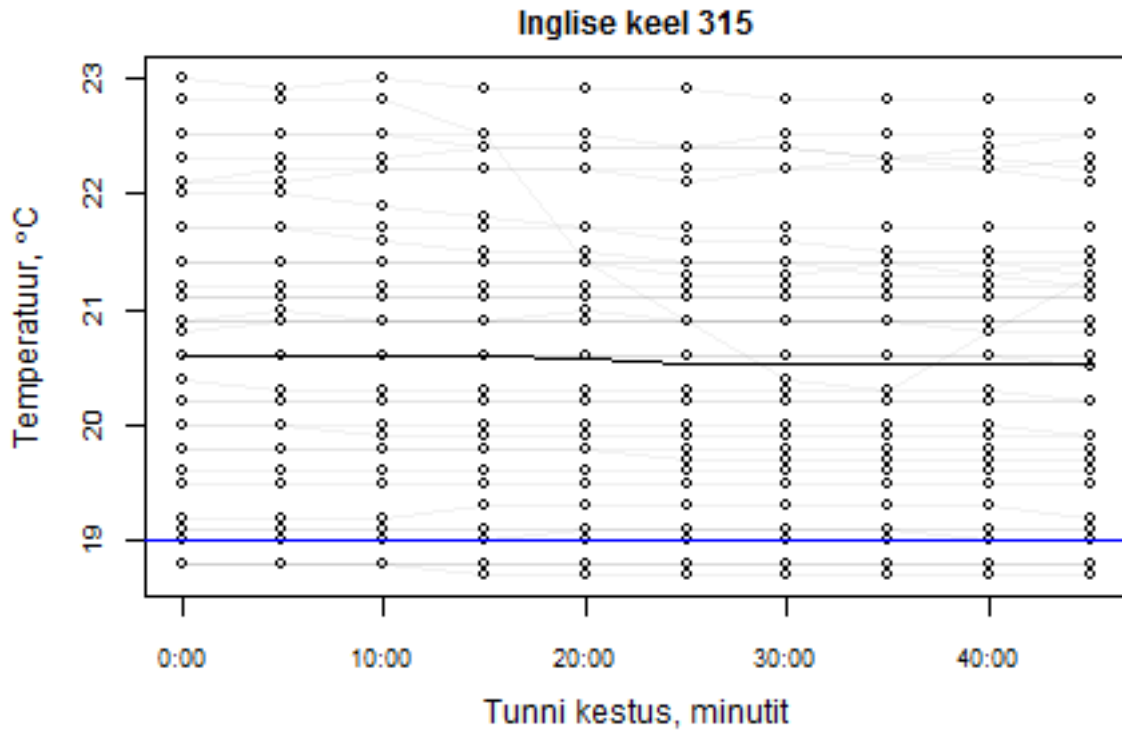




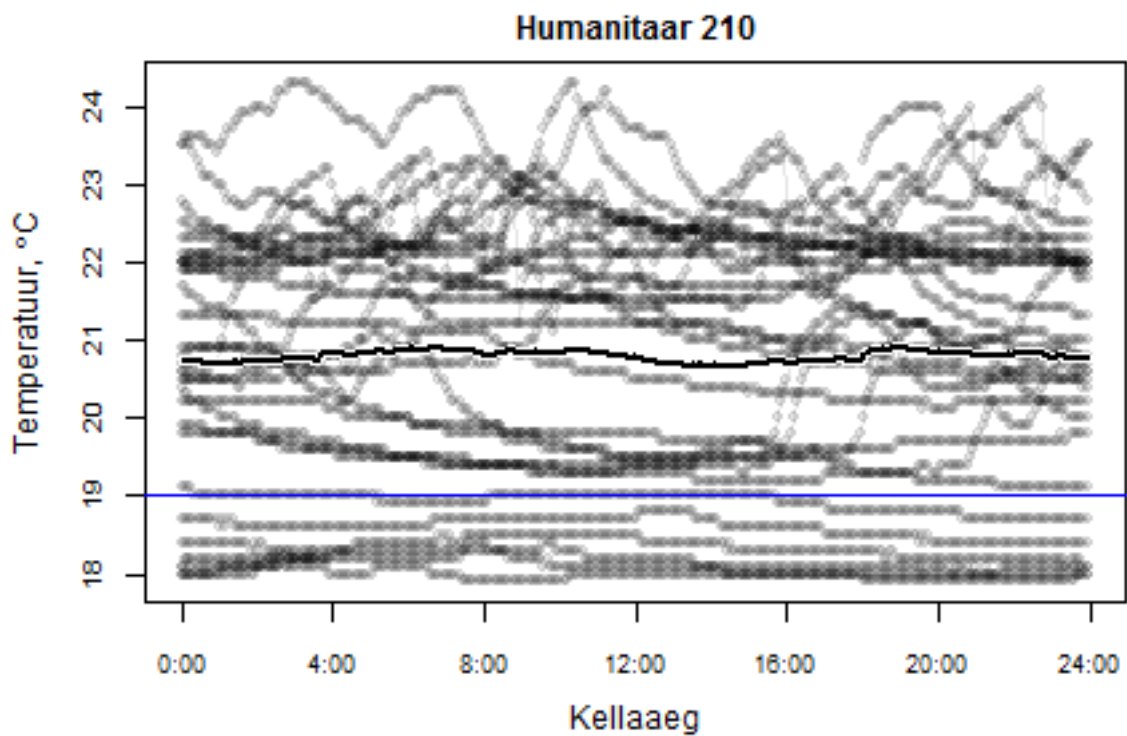
Graafik 60. Õhutemperatuuri muutus inglise keele klassis 410 õppetöö tunni lõikes



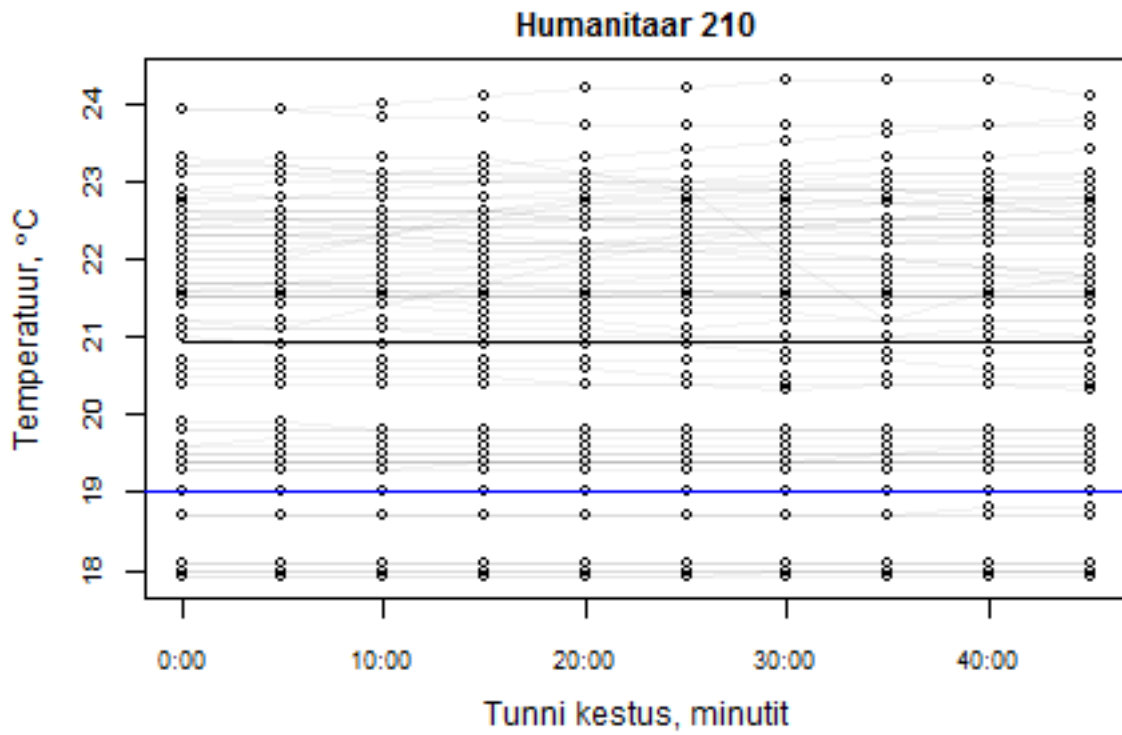
Graafik 61. Õhutemperatuuri muutus inglise keele klassis 315 ööpäeva lõikes



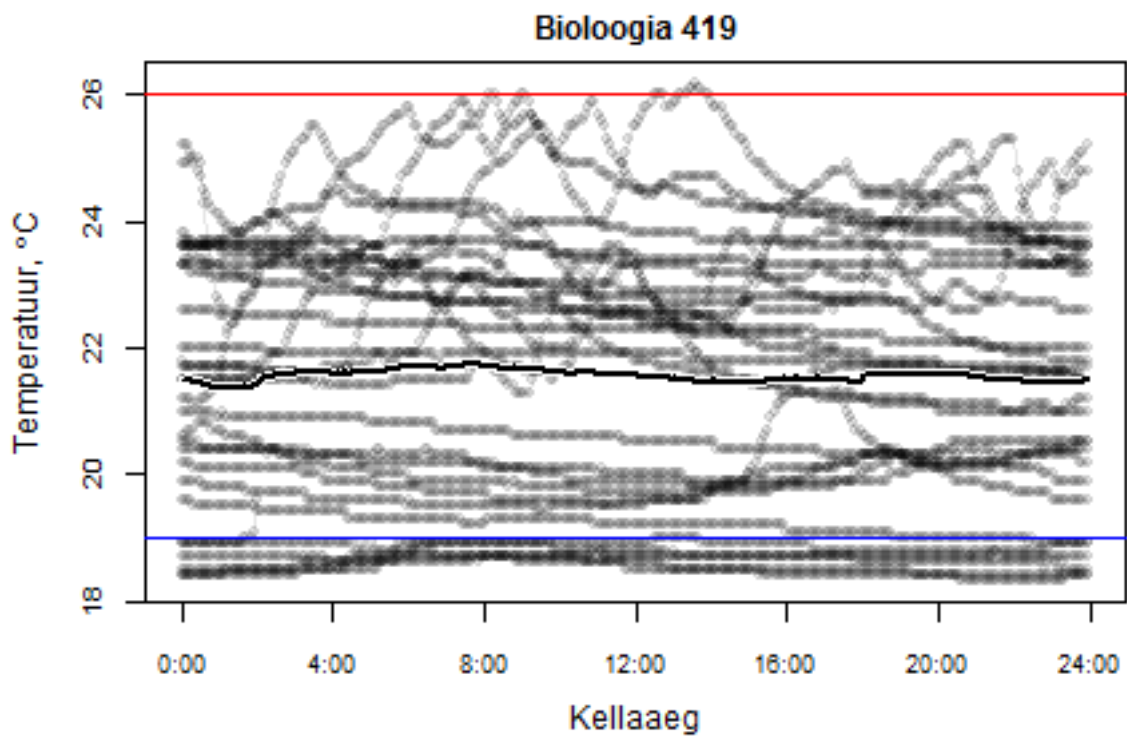
Graafik 62. Õhutemperatuuri muutus inglise keele klassis 315 õppetöö tunni lõikes



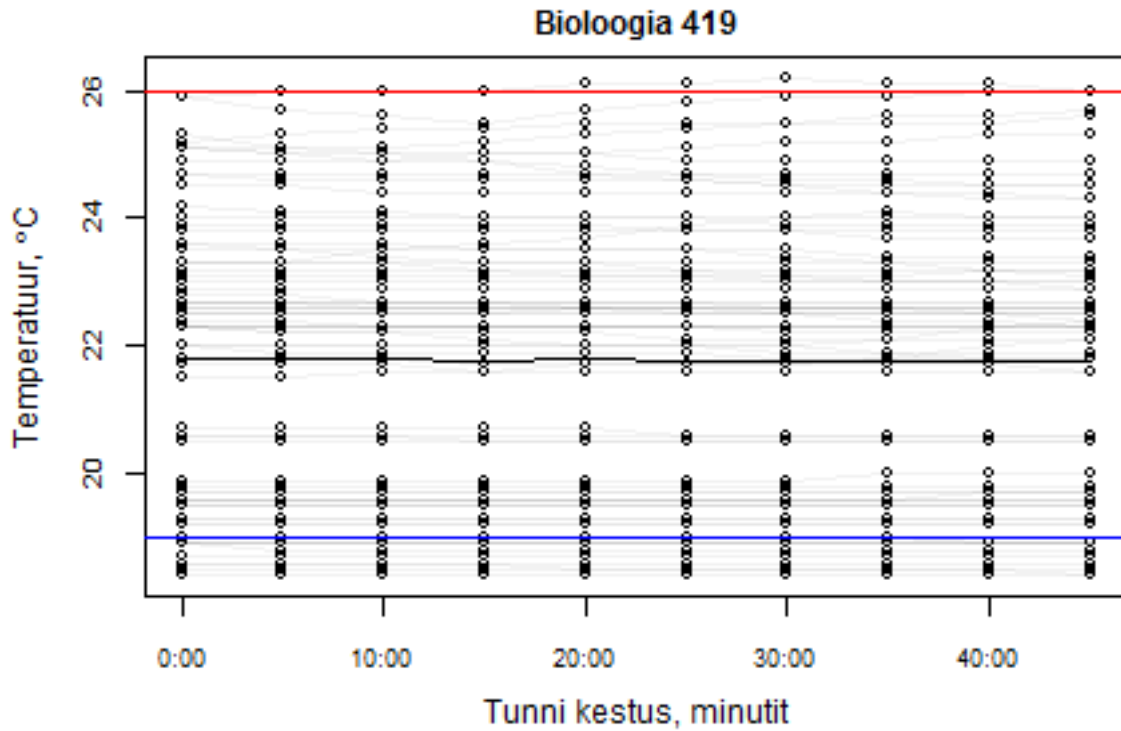
Graafik 63. Õhutemperatuuri muutus humanitaarklassis 210 ööpäeva lõikes



Graafik 64. Õhutemperatuuri muutus humanitaarklassis 210 õppetöö tunni lõikes



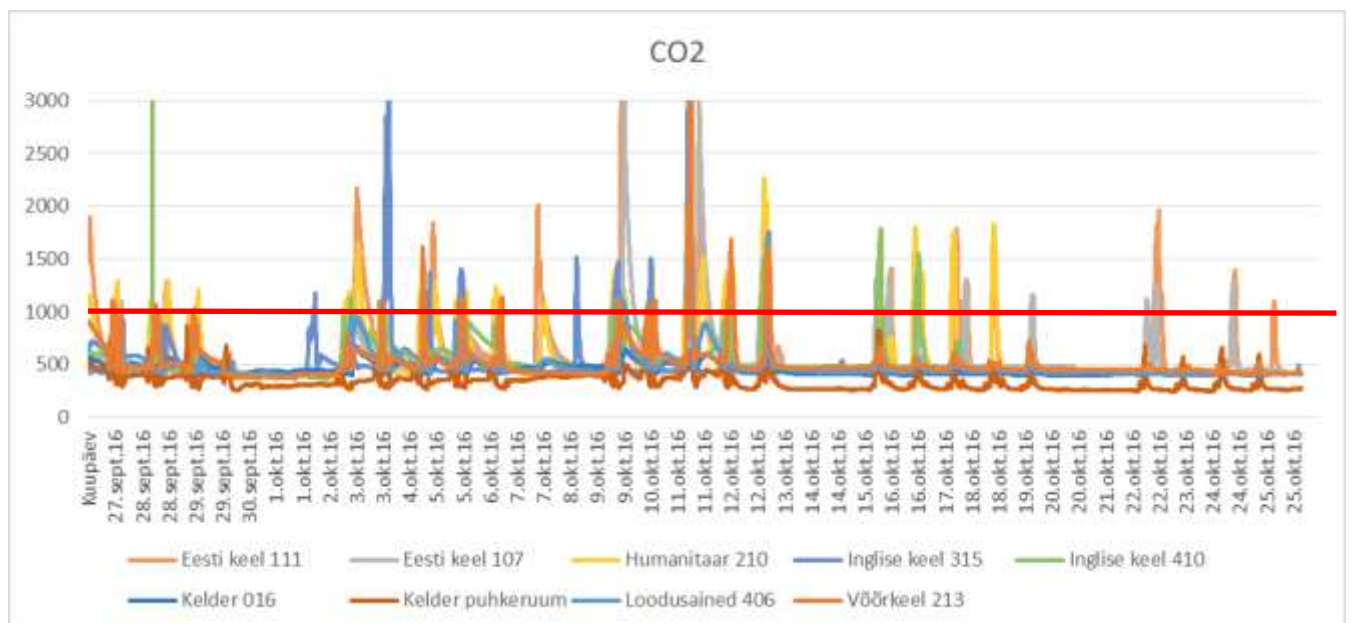
Graafik 65. Õhutemperatuuri muutus bioloogia klassis ööpäeva lõikes



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 CO<sub>2</sub> sisaldus ruumiõhus.

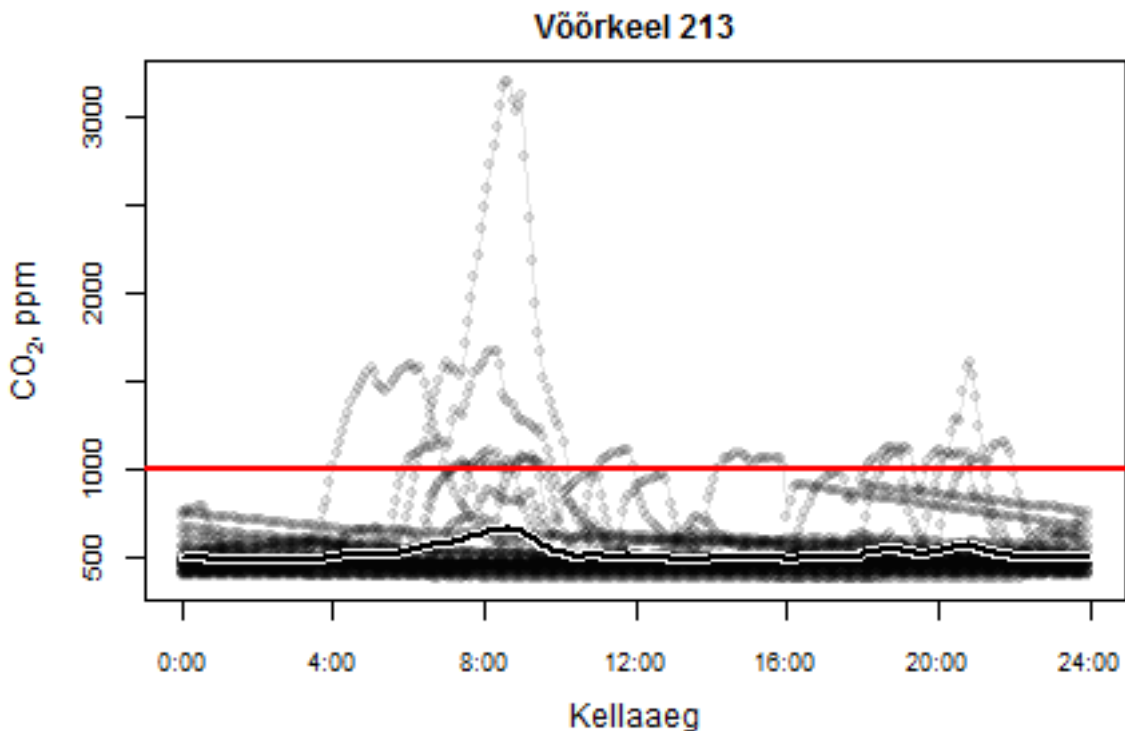


Graafik 67. Ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses (mikroliitrit ppm liitris õhus).

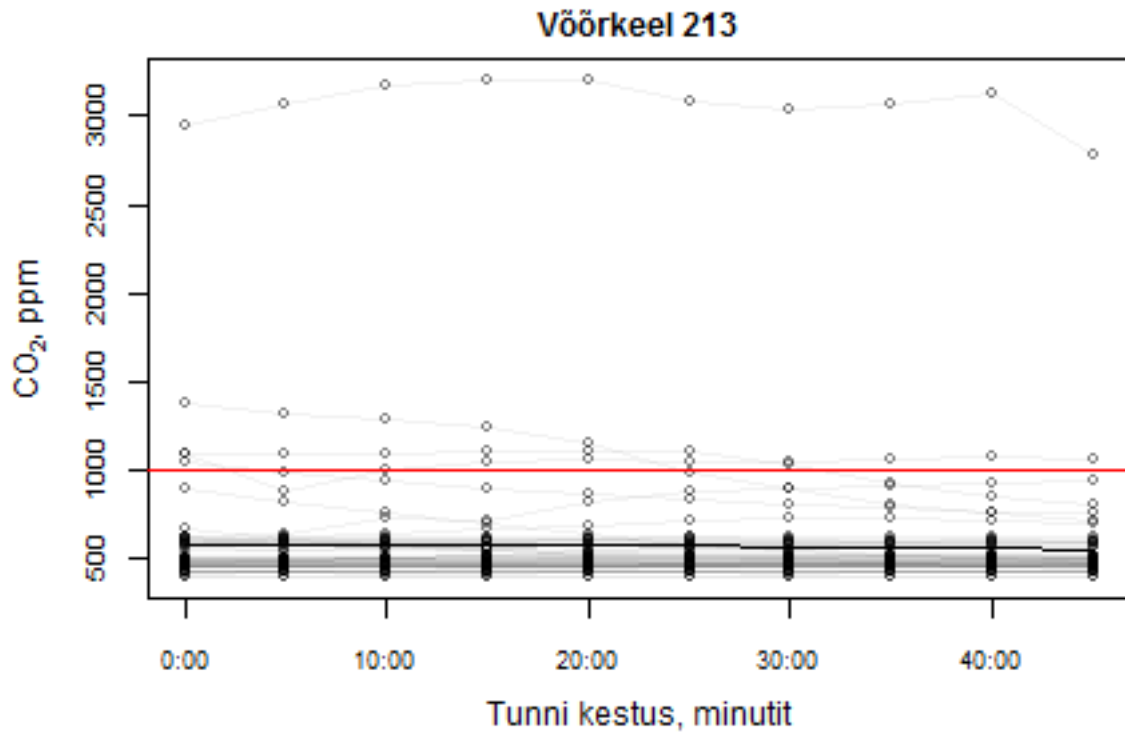
	Eesti keel	Eesti keel	Humanita	Inglise ke	Inglise ke	Kelder 01	Kelder pu	Loodusair	Võõrkeel	KOKKU
<b>KOKKU</b>	8461	8335	8468	6358	8451	8473	8474	8463	8467	<b>73950</b>
<b>Üle 1000 ppm</b>	743	563	879	195	256	0	0	97	281	<b>3014</b>
<b>Üle 1000 ppm</b>	8,8%	6,8%	10,4%	3,1%	3,0%	0,0%	0,0%	1,1%	3,3%	<b>4,1%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

Tabel 19. Lubatud CO<sub>2</sub> taseme 1000 ppm ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

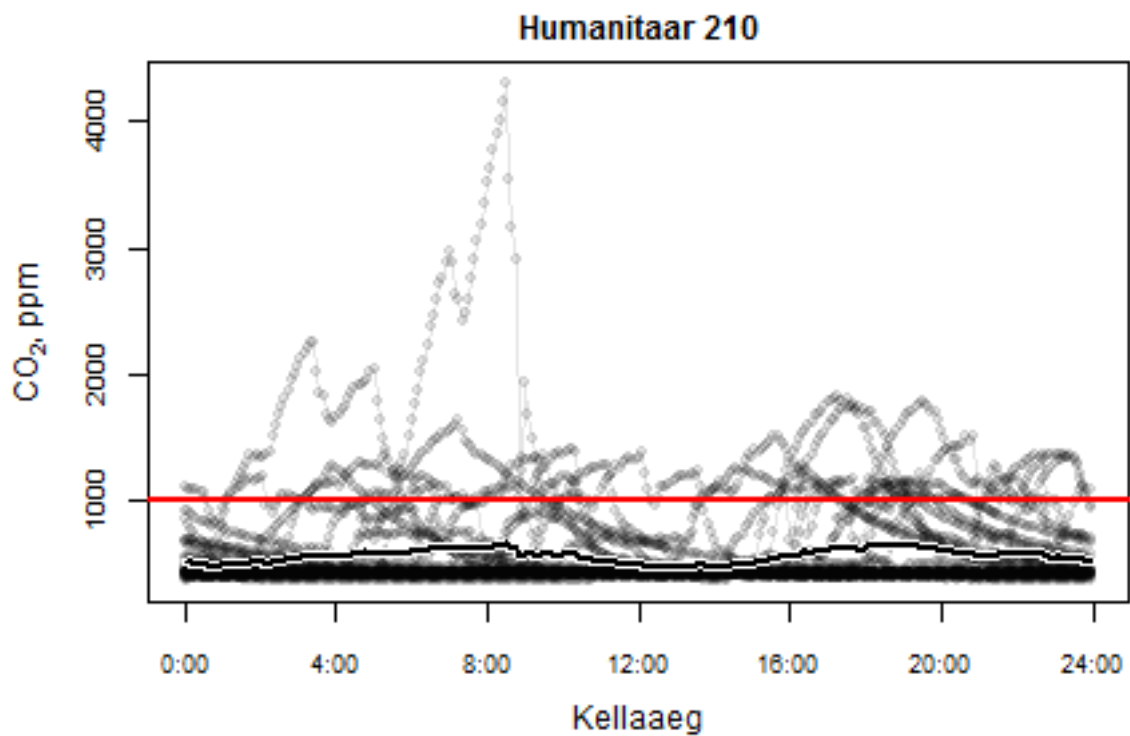
Graafikult 67 ja tabelist 19 lähtub, et CO<sub>2</sub> sisaldus ületab seitsmes ruumis mingi ajaperioodi vältel lubatu piiri. Kõige suurem on ületamine humanitaarklassis, kus 10,4% kogu mõõtmisperioodi ajast on CO<sub>2</sub> sisaldus lubatust kõrgem. Graafikul 67 joonistub selgelt välja CO<sub>2</sub> jaotumine – õppetegevuse ajal näidud tõusevad ning öötundidel ja nädalavahetustel on CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> sisaldused ulatuvad kõikides ruumides (va keldriruumid) üle 3000 ppm, mis on kolm korda lubatust kõrgem.



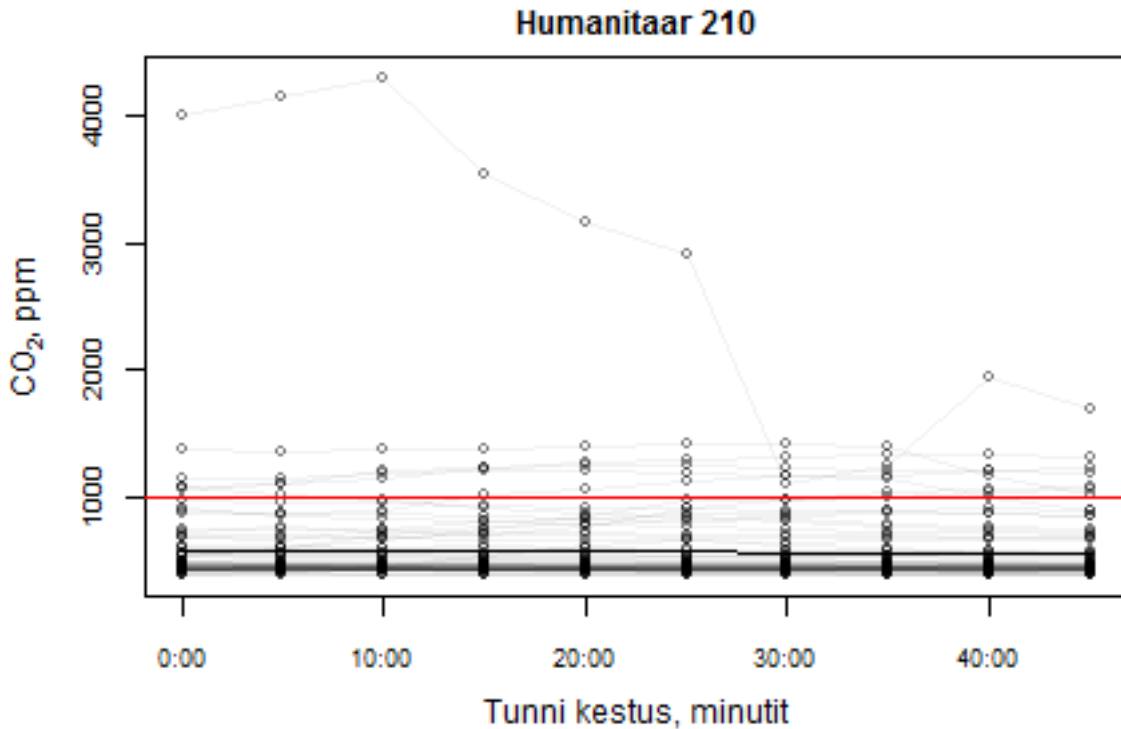
Graafik 68. CO<sub>2</sub> taseme muutus võõrkeele klassis 213 ööpäeva lõikes



Graafik 69. CO<sub>2</sub> taseme muutus võõrkeele klassis õppetöö tunni lõikes



Graafik 70. CO<sub>2</sub> taseme muutus humanitaarklassis 210 ööpäeva lõikes



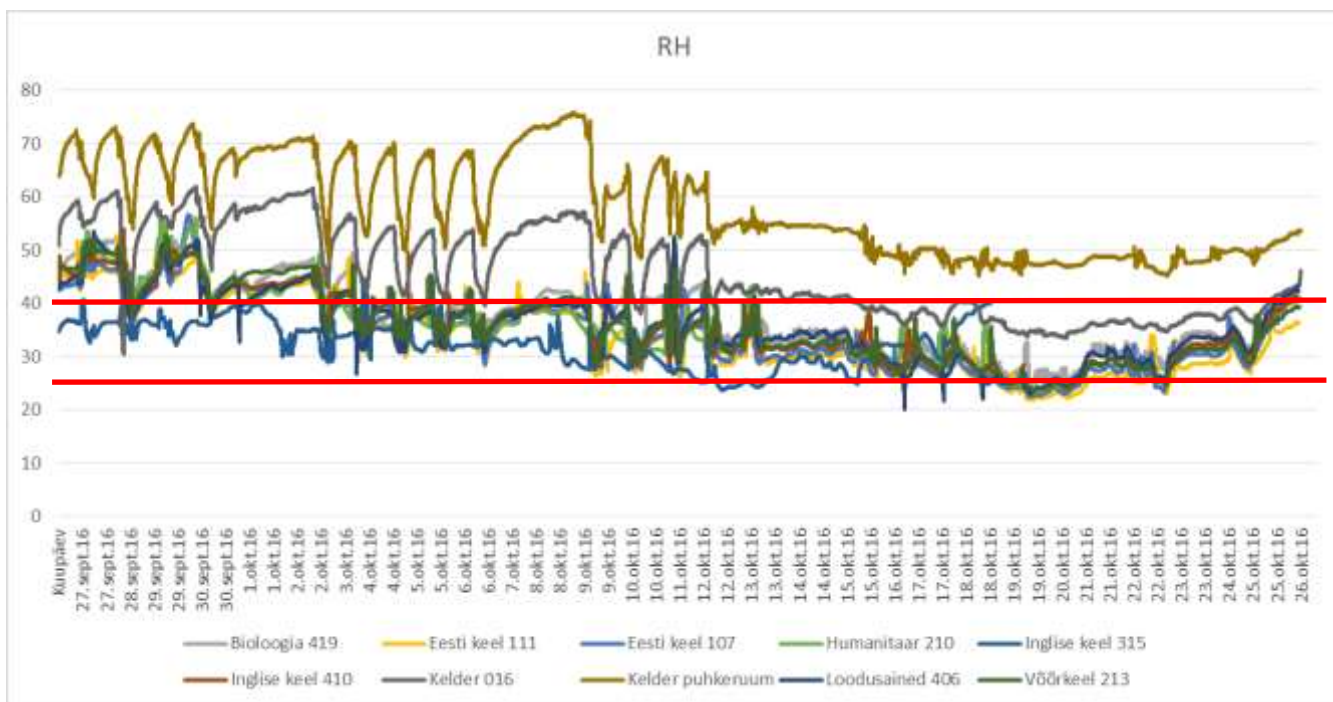
Graafik 71. CO<sub>2</sub> taseme muutus humanitaarklassis 210 õppetöö tunni lõikes

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.** CO<sub>2</sub>-sisalduse (ppm) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste

Kokkuvõtteks võib väita, et CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> anduritega ventilatsioonisüsteem, mille puhul ruumide õhuvahetuse hulk sõltub CO<sub>2</sub> tasemest.

Suhteline õhuniiskus



Graafik 72. Ruumiõhu suhtelise õhuniiskuse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

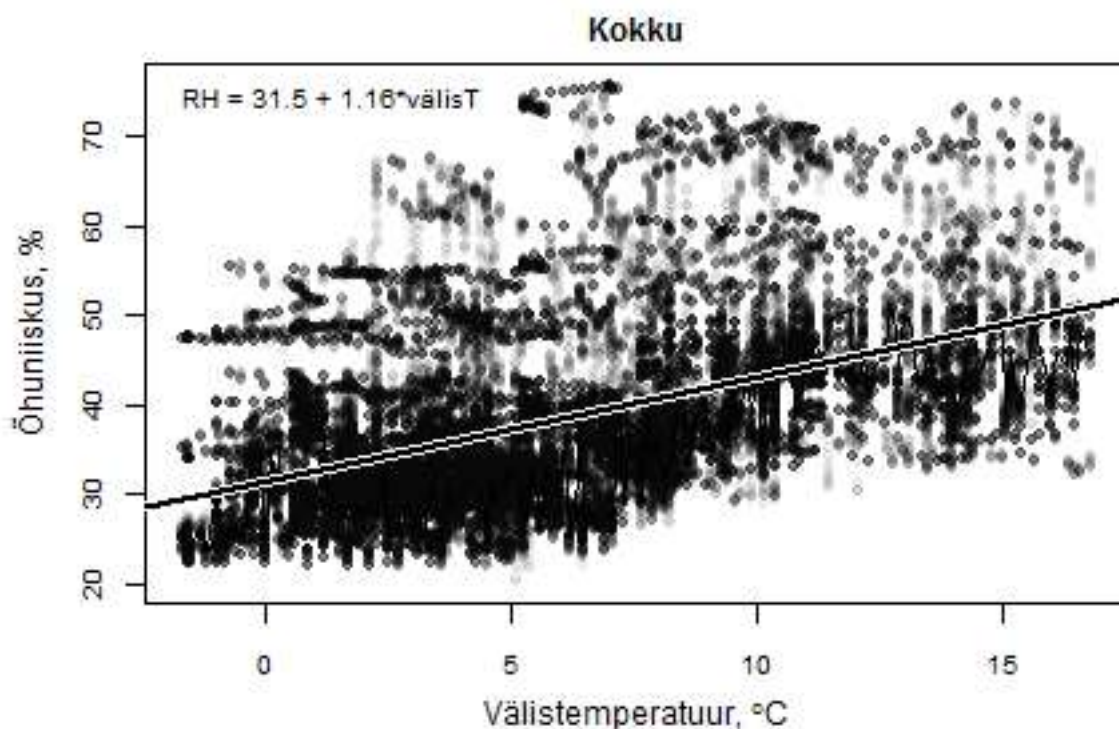
	Bioloogia	Eesti keel	Eesti keel	Humanitaar	Inglise keel	Inglise keel	Kelder 016	Kelder puhkeruum	Loodusained	Võõrkeel	KOKKU
<b>KOKKU</b>	8449	8461	8335	8468	6358	8451	8473	8474	8463	8467	<b>82399</b>
<b>alla 40 %</b>	5614	6532	6471	6418	6292	6054	2761	0	6403	6082	<b>52627</b>
<b>alla 25 %</b>	15	681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

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  $-20^{\circ}\text{C}$  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

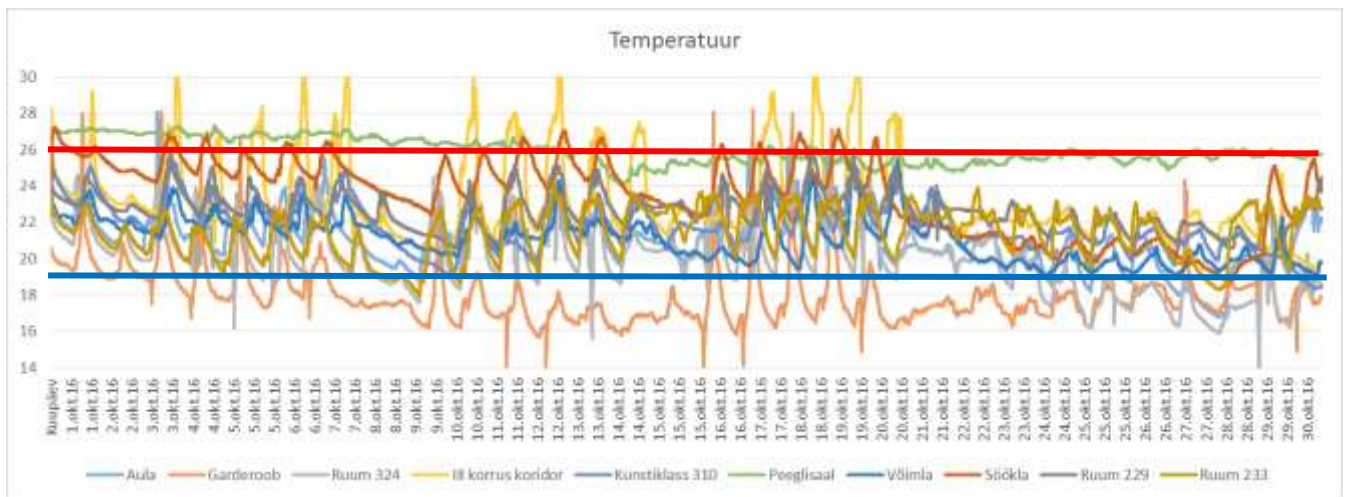
Mõõdistusseadmed: Monitor-logger E6226, mõõtmisintervall 5 minutit

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



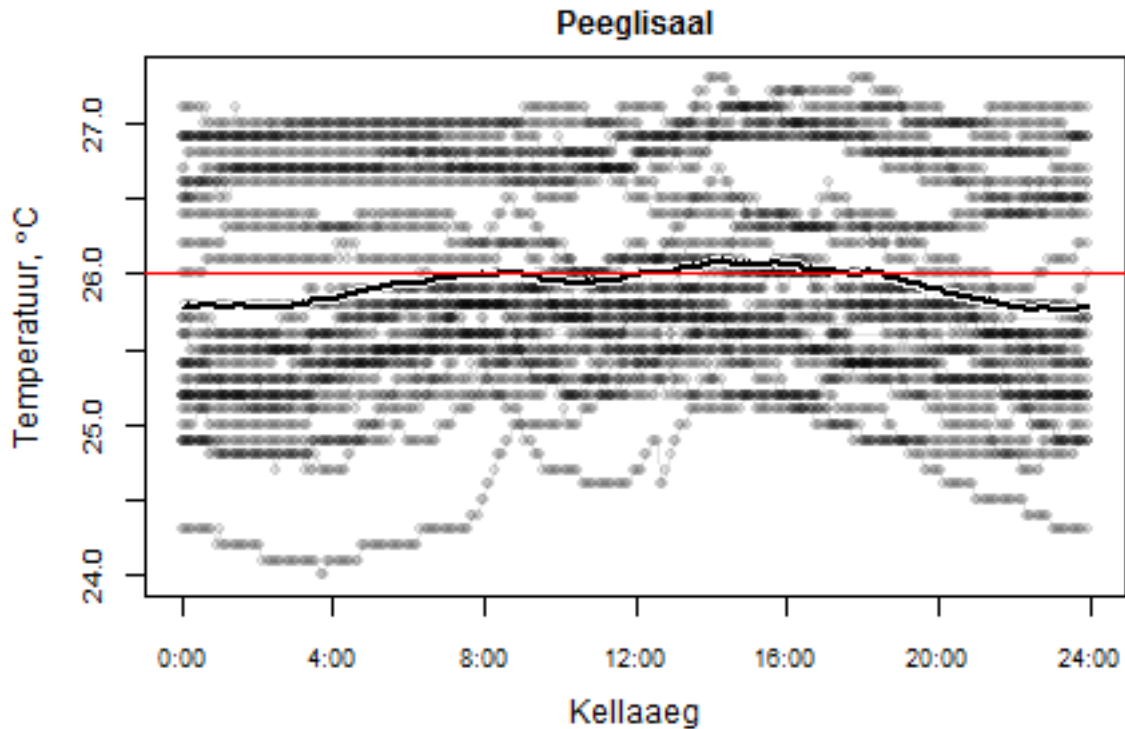
Graafik 74. Temperatuuride muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

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

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.

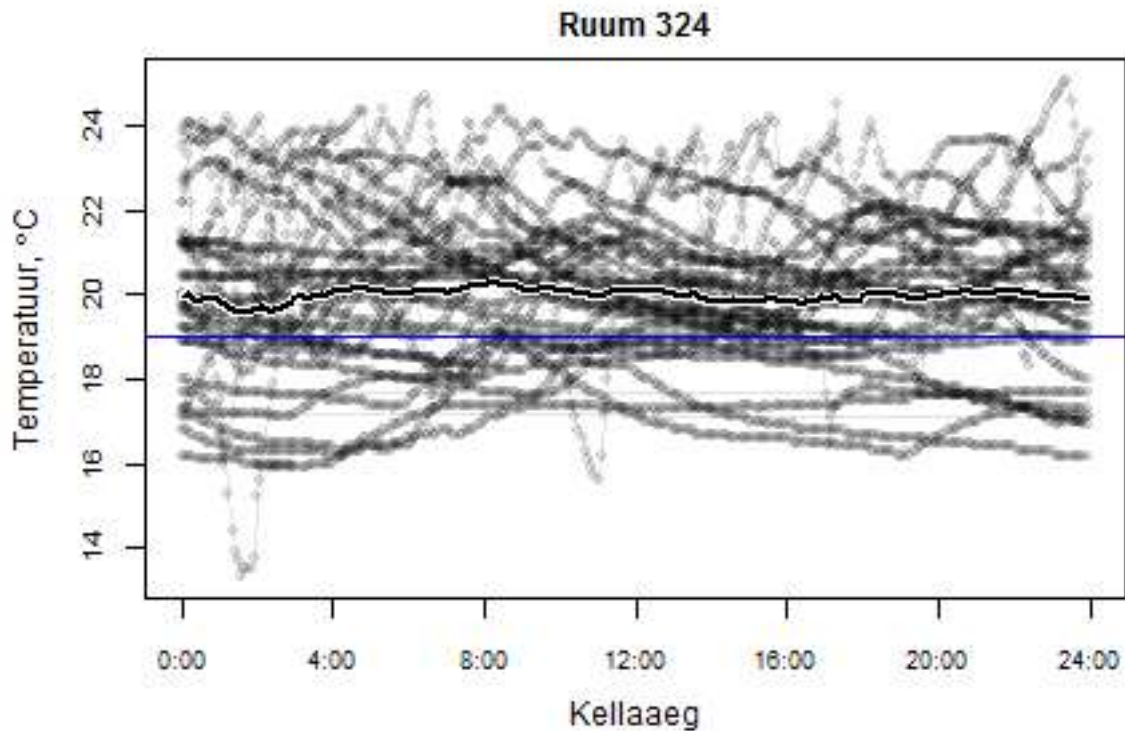


Graafik 75. Temperatuuri muutus ööpäeva lõikes

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

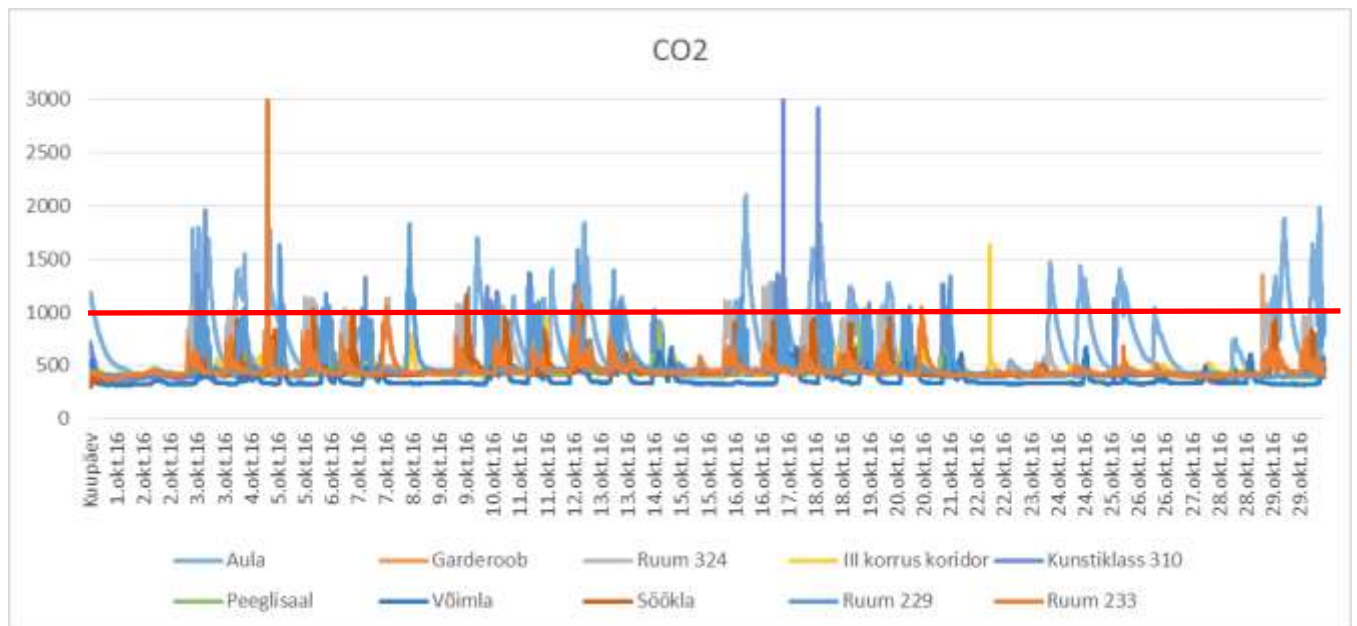
Halvem on olukord madalate temperatuuridega. Garderoobis on keskmine temperatuur 17,99°C, mis on oluliselt madalam lubatud minimaalsest temperatuurist 19°C. See on seletatav asjaoluga, et garderoob paikneb keldrikorrusel välisukse lähedal. Siiski tuleb garderoobis tõsta küttevõimsust ning võimalusel 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 CO<sub>2</sub> sisaldus ruumiõhus.

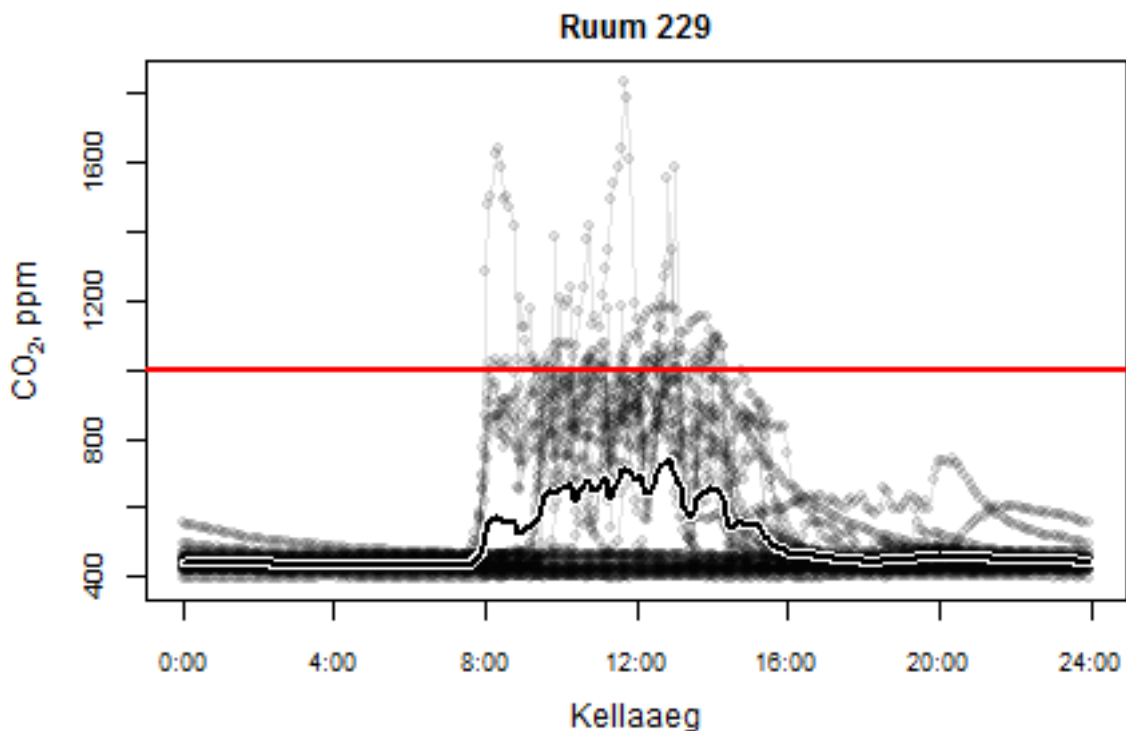


Graafik 77. Ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses (mikroliitrit ppm liitris õhus).

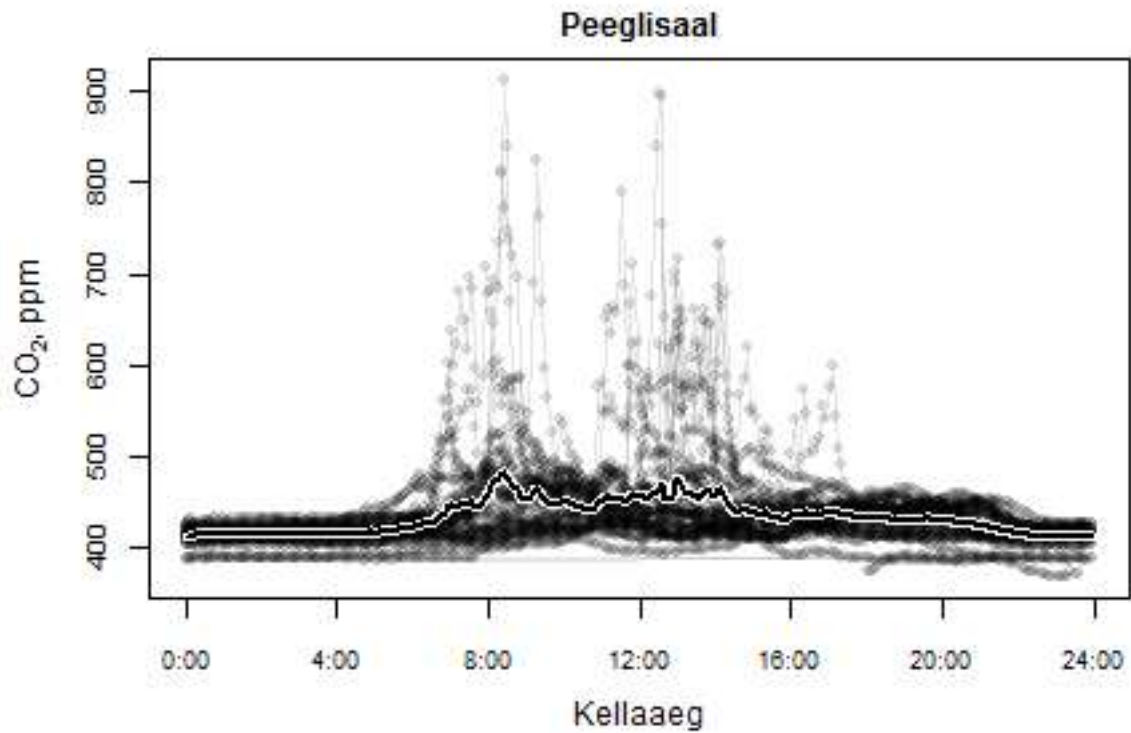
	Aula	Garderoo	Ruum 324	III korrus	Kunstiklas	Peeglisaa	Võimla	Söökla	Ruum 229	Ruum 233	KOKKU
<b>KOKKU</b>	10668	10668	10668	10668	10668	10668	10668	10668	10668	10668	<b>106680</b>
<b>Üle 1000 ppm</b>	2180	1	274	9	242	0	0	7	265	8	<b>2986</b>
<b>Üle 1000 ppm</b>	20,4%	0,0%	2,6%	0,1%	2,3%	0,0%	0,0%	0,1%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

Tabel 25. Lubatud CO<sub>2</sub> taseme 1000 ppm ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

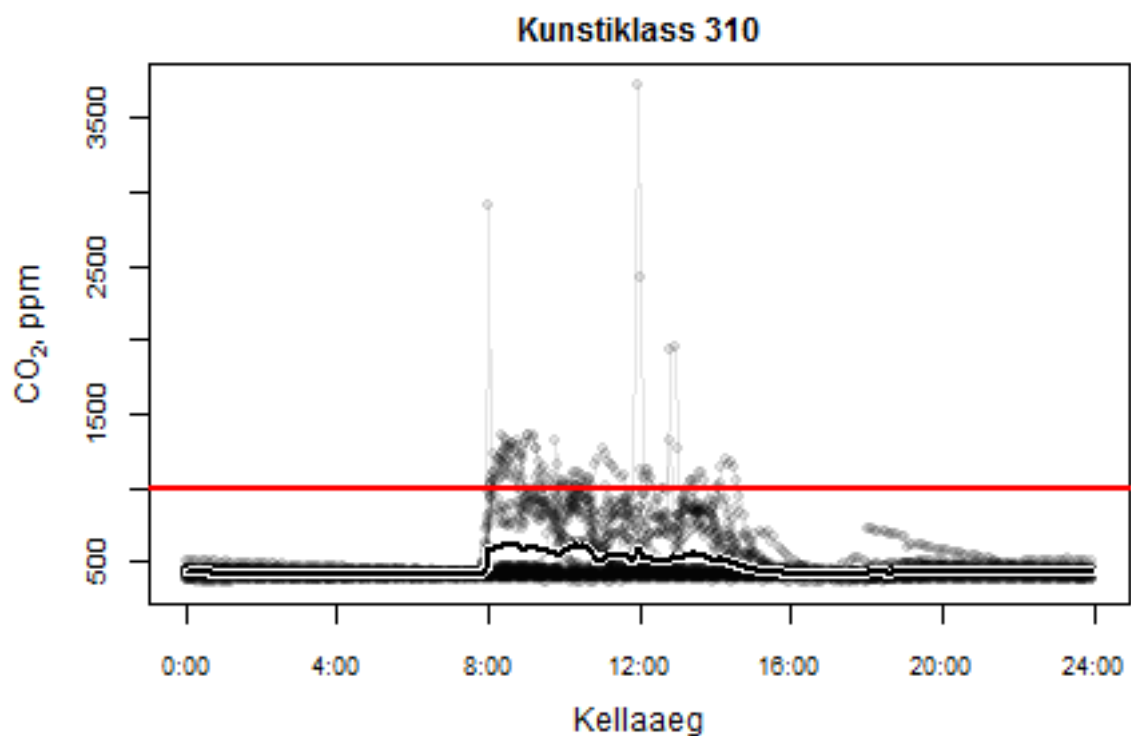
Graafikult 77 ja tabelist 25 lähtub, et CO<sub>2</sub> sisaldus ületab kaheksas ruumis mingi ajaperioodi vältel lubatu piiri. Neist garderoobis, sööklas ja III korruse koridoris on ületamine lühiajaline ja mitteoluline. Kõige suurem on ületamine aulas, kus 20,4% kogu mõõtmisperioodi ajast on CO<sub>2</sub> sisaldus lubatust kõrgem. Graafikutel 78-80 joonistub selgelt välja CO<sub>2</sub> jaotumine – õppetegevuse ajal näidud tõusevad ning öötundidel on CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> taseme vähendamiseks.



Graafik 78. CO<sub>2</sub> taseme muutus ruumis 229 ööpäeva lõikes



Graafik 79. CO<sub>2</sub> taseme muutus peeglisaalis ööpäeva lõikes

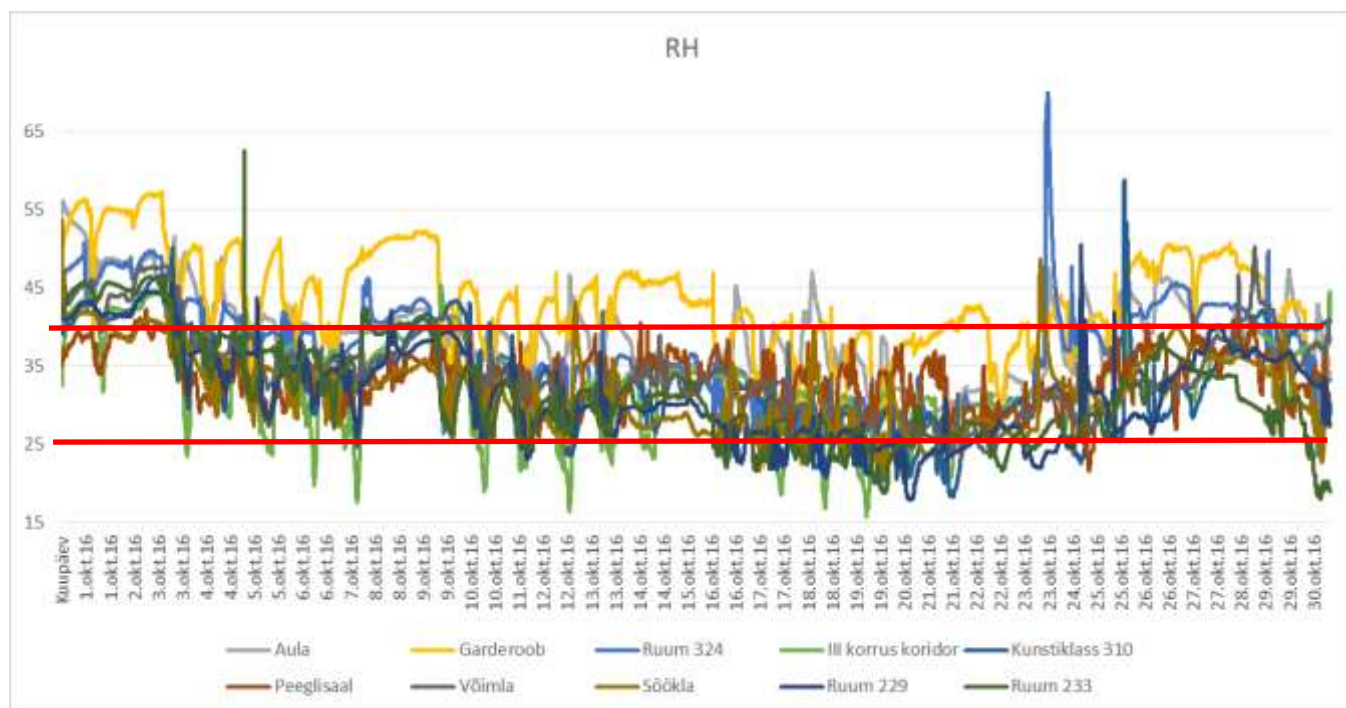


Graafik 80. CO<sub>2</sub> taseme muutus kunstiklassis 310 ööpäeva lõikes

Kokkuvõtteks võib väita, et CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> taseme alandamiseks.

Suhteline õhuniiskus



Graafik 81. Ruumiõhu suhtelise õhuniiskuse muutus kogu mõõtmisperiodi ulatuses.

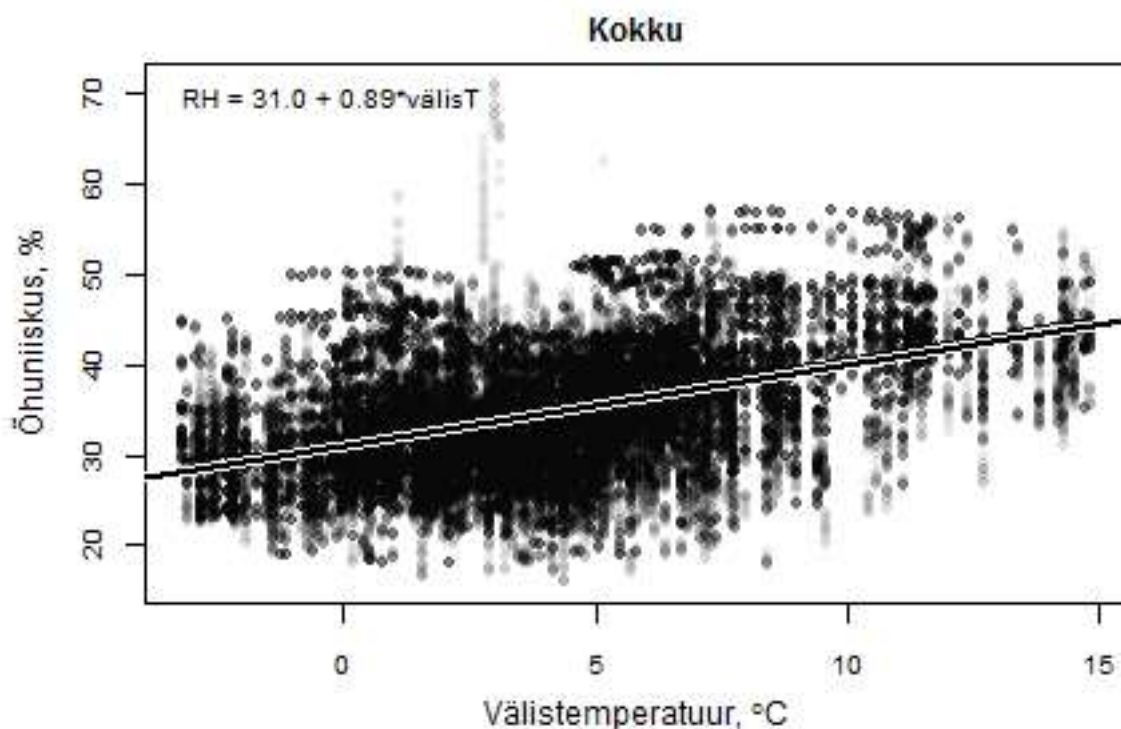
	Aula	Garderoob	Ruum 324	III korrus	Kunstiklas	Peeglisaa	Võimla	Söökla	Ruum 229	Ruum 233	KOKKU
<b>KOKKU</b>	10668	10668	10668	10668	10668	10668	10668	10668	10668	10668	<b>106680</b>
<b>alla 40 %</b>	7013	4638	8012	9680	9089	10487	9415	10067	9789	9549	<b>87739</b>
<b>alla 25 %</b>	0	28	201	1182	1602	97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

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



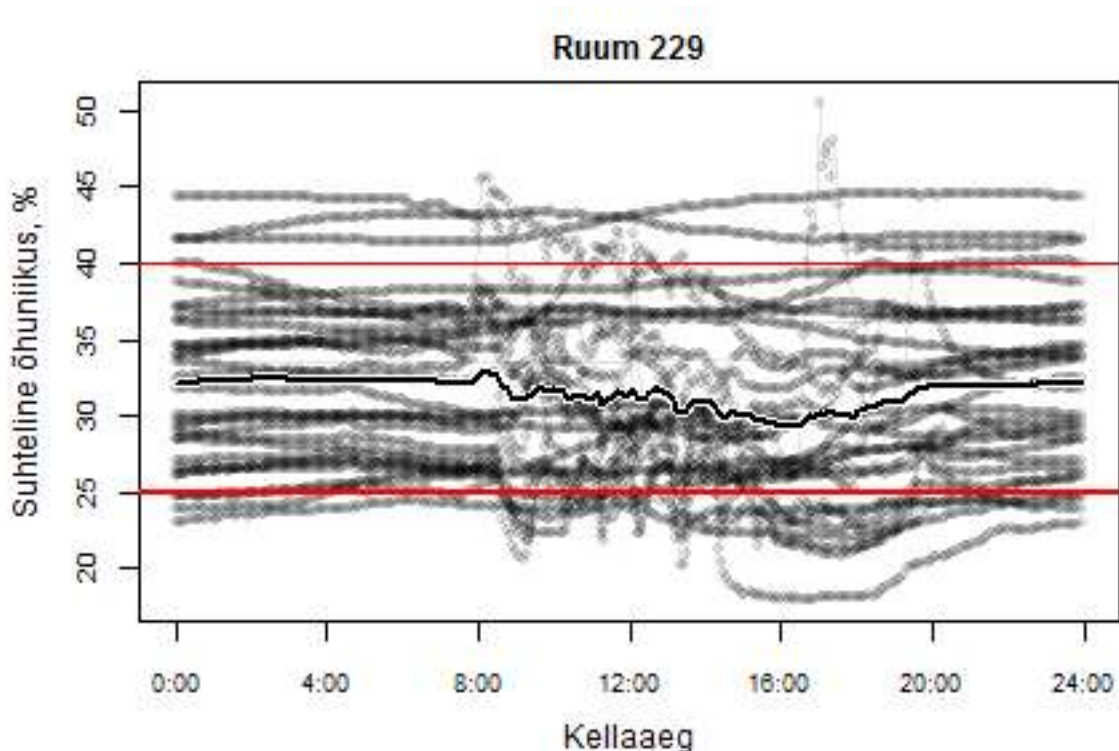


Graafik 82. Siseõhu suhtelise õhuniiskuse muutus lähtuvalt välisõhu temperatuurist

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 väärivad ruumide 229 ja 310 siseõhu suhtelise niiskuse ja välisõhu temperatuuri vahelise seose vähenemine 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  $-20^{\circ}\text{C}$  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 enamasti 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
- 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

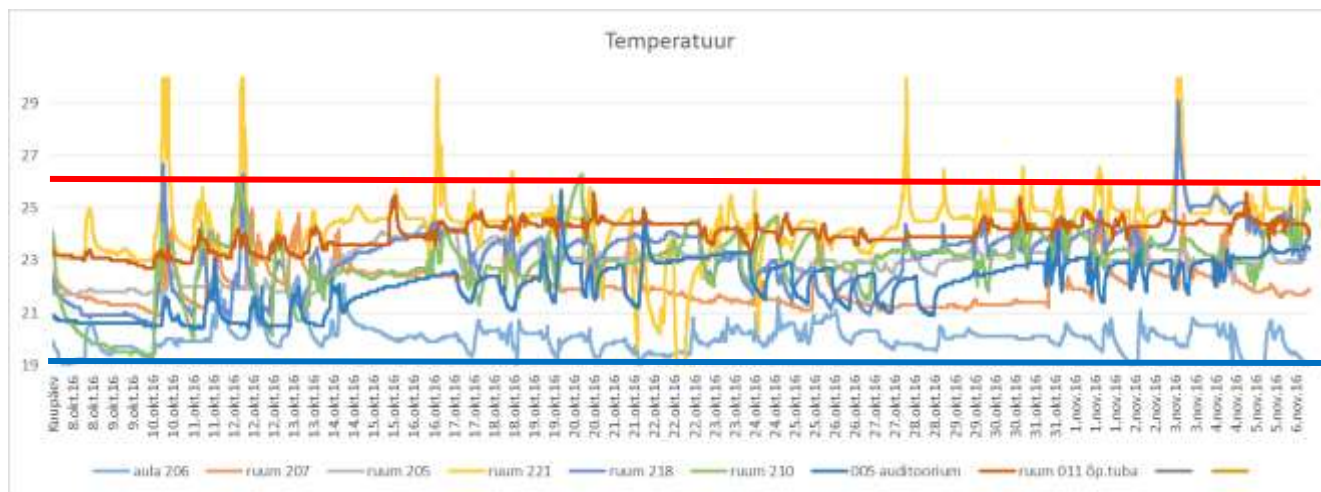
Tabel 28. Tunniplaan I periood näidis.

	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
<b>I huku</b>	uurimistö Mändmaa N005	uurimistö Mändmaa N005	<b>B1</b> Barabanov H210 Zalõbina N230 Allvee N229	füüsika Luhaäär N228	sissejuh loodus Vitsut N218 Luhaäär N218	ryhmajuh. Runing H213	
<b>I lo</b>	uurimistö Mändmaa N005	uurimistö Mändmaa N005	füüsika Luhaäär N219	<b>B2</b> Pukk N221 Juhanson N223 Mänd N222 Abroi N224	<b>B2</b> Pukk N221 Juhanson N223 Mänd N222 Abroi N224	matem (lai) Anissimov N225	ryhmajuh. Anissimov N225
<b>I ma</b>	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
<b>I mf</b>	matem (lai) Eglit N228	mate prakt Eglit N228 Pohlasalu N207	mate prakt Eglit N228 Pohlasalu N207	<b>B2</b> Pukk N221 Juhanson N223 Mänd N222 Abroi N224	<b>B2</b> Pukk N221 Juhanson N223 Mänd N222 Abroi N224	keemia Vitsut N218	rühmajuh. Eglit N228
<b>I so</b>	sissejuh loodus Vitsut N218 Luhaäär N219	sissejuh loodus Vitsut N218 Luhaäär N219	<b>B1</b> Barabanov H210 Zalõbina N230 Allvee N229	inimgeo Nurmsalu N002	ajalugu Mirka H111	ajalugu Mirka H111	ryhmajuh. KlettenbergN004
<b>I võ</b>	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
<b>II huku</b>	<b>B1</b> Barabanov N224 Zalõbina N230 Allvee N229	<b>B2</b> Pukk N221 Juhanson N223 Mänd N222 Abroi N224	<b>B2</b> Pukk N221 Juhanson N223 Mänd N222 Abroi N224	kunst Runing H213	kunst Runing H213	ajalugu Vislapuu H110	ajalugu Vislapuu H110
<b>II lo</b>	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
<b>II ma</b>	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
<b>II mf</b>	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.

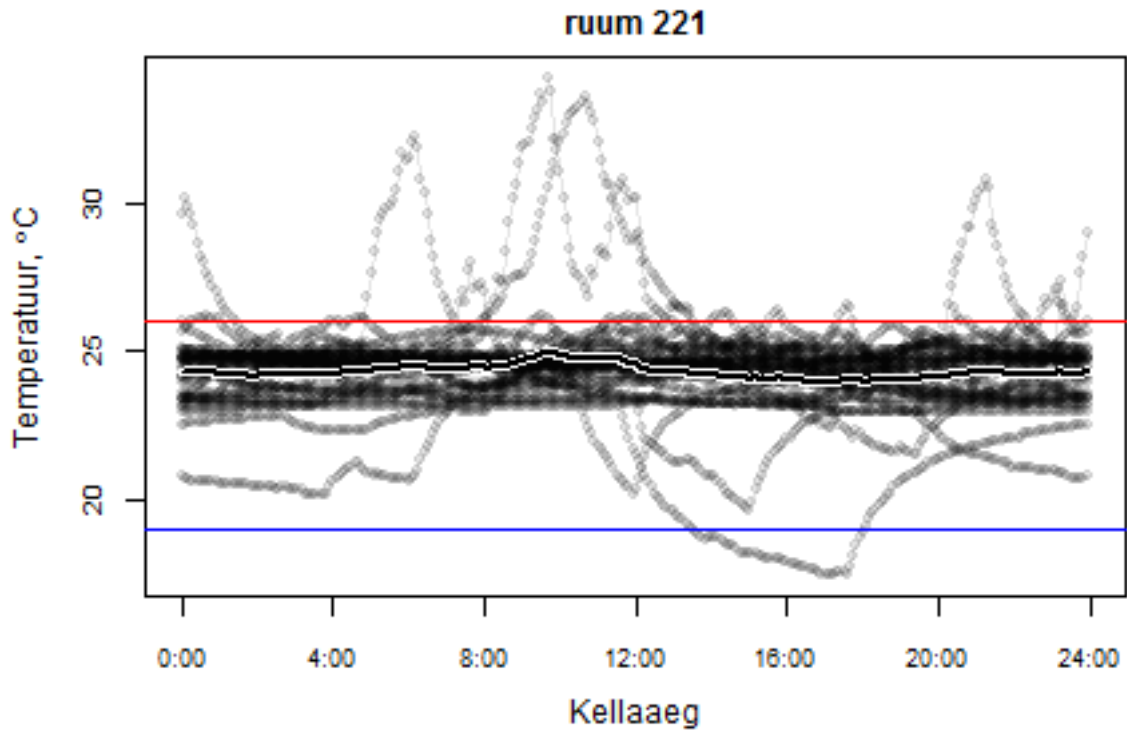
	aula 206	ruum 207	ruum 205	ruum 221	ruum 218	ruum 210	ditoorium	1 õp.tuba	KOKKU
<b>KOKKU</b>	10055	9984	10049	9313	9302	9216	10029	9181	<b>77129</b>
<b>Üle 26 °C</b>	0	0	0	289	64	28	0	0	<b>381</b>
<b>alla 19 °C</b>	1104	0	0	54	0	0	0	0	<b>1158</b>
<b>Üle 26 °C</b>	0,0%	0,0%	0,0%	3,1%	0,7%	0,3%	0,0%	0,0%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

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

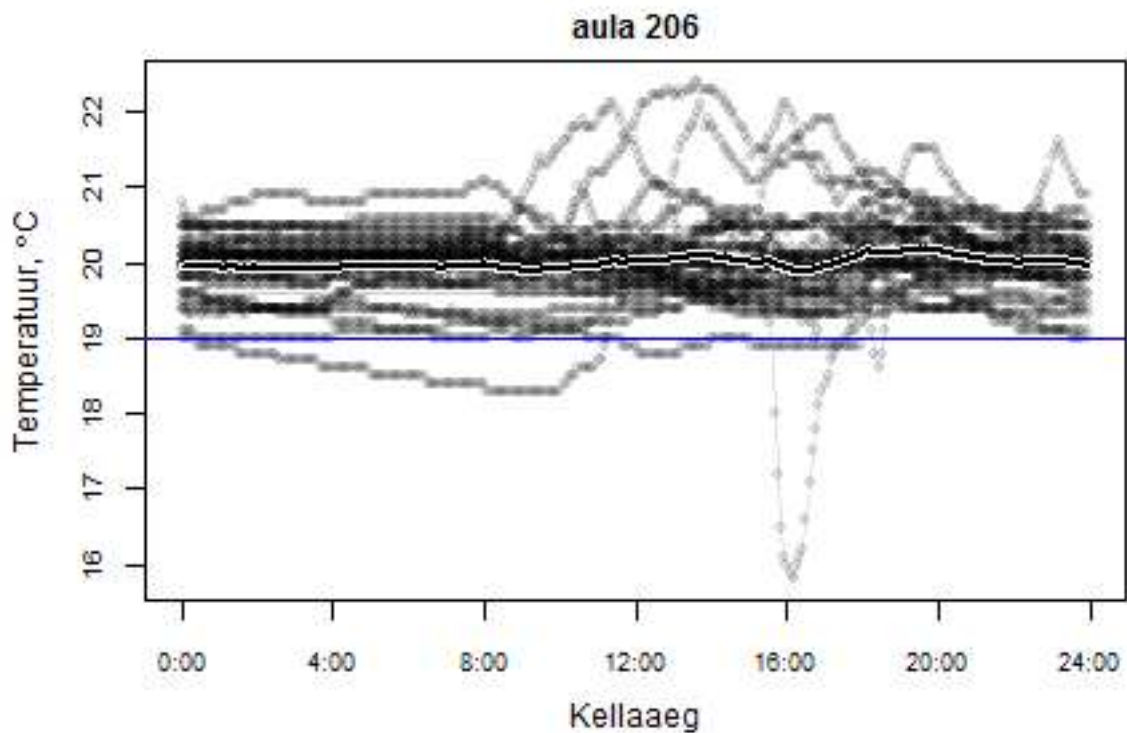
Graafikult 84 ja tabelist 30 lähtub, et suurim lubatud temperatuur 26°C on ületatud kolmes ruumis, nendest enim ruumis 221 kokku 289 korda ehk 1445 minutit kogu mõõtmisperioodi jooksul. See ruum on omapärane, sest seal on 54 korda ehk 270 minutit olnud temperatuur alla lubatud piiri (graafik 85). Suure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

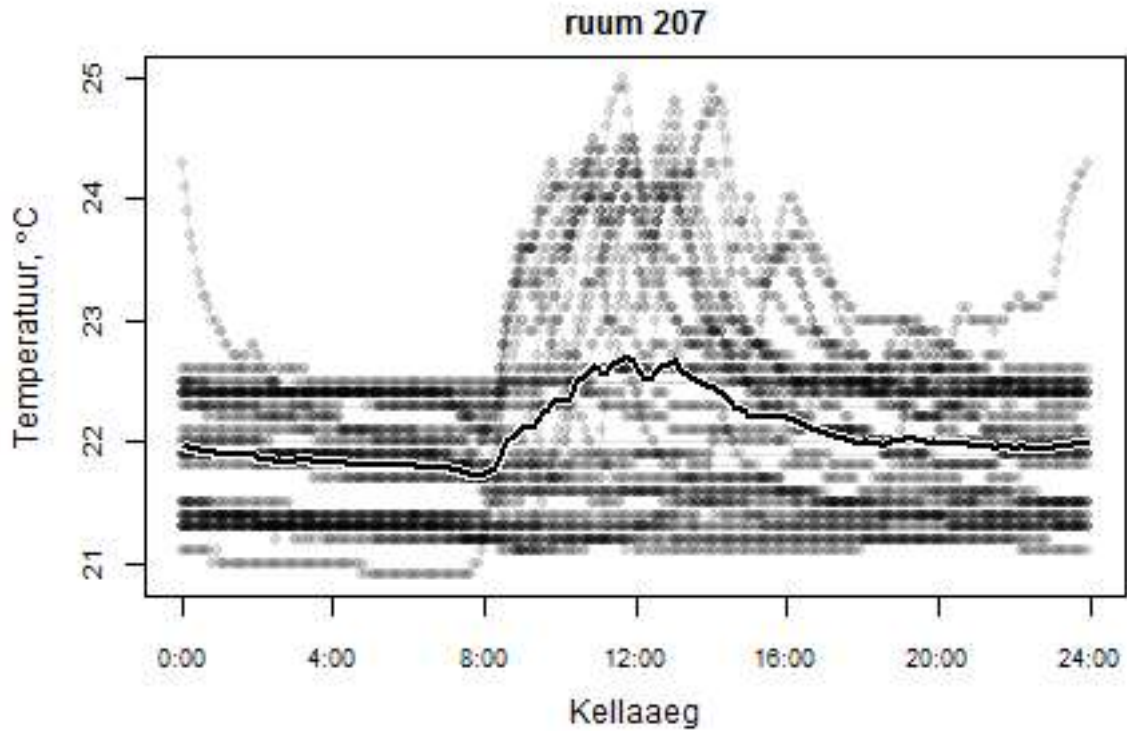
Graafikul 87 on näha, et ruumis 207 tõusis temperatuur õppetegevuse ajal kuni 4 kraadi, samss kui graafikul 88 toodud auditooriumis langes temperatuur samal perioodil. Temperatuuri langust saab seletada ventilatsiooni intensiivsuse tõstmisega õppeperioodil. Temperatuuri tõus ruumis 207 võib olla seletatav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



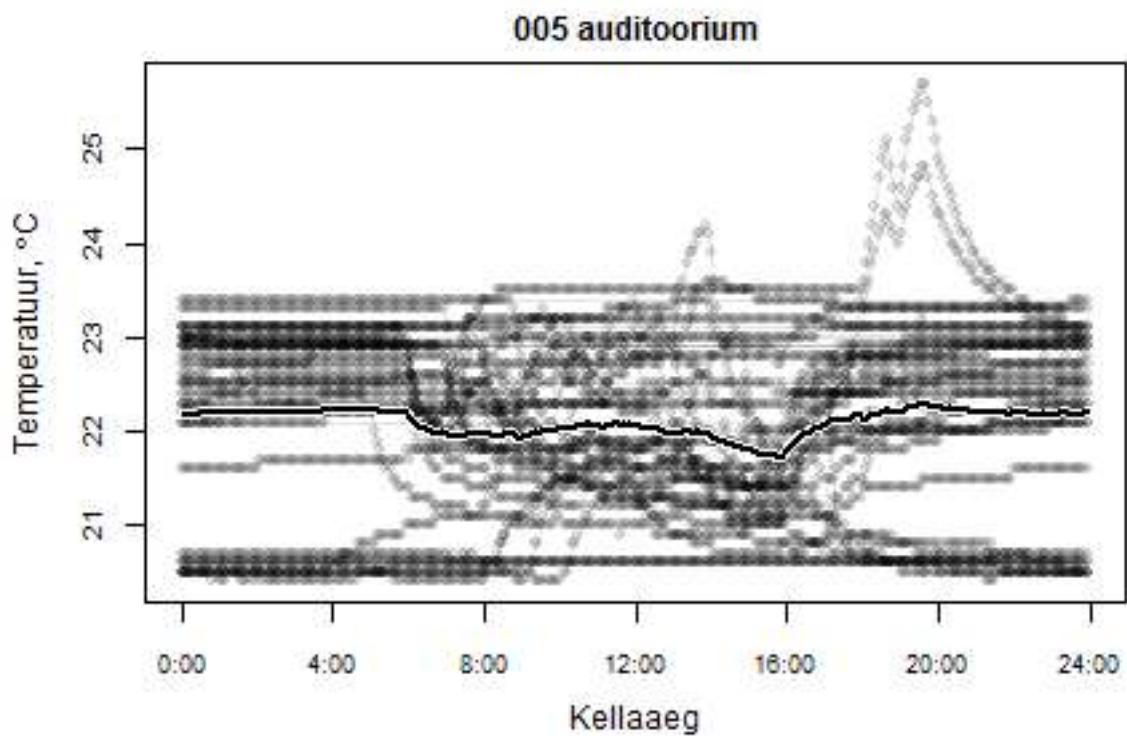
Graafik 85. Ruumi 221 temperatuuri muutus ööpäeva lõikes. Ajatelje näidud on nihkes seadme rikke tõttu.



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



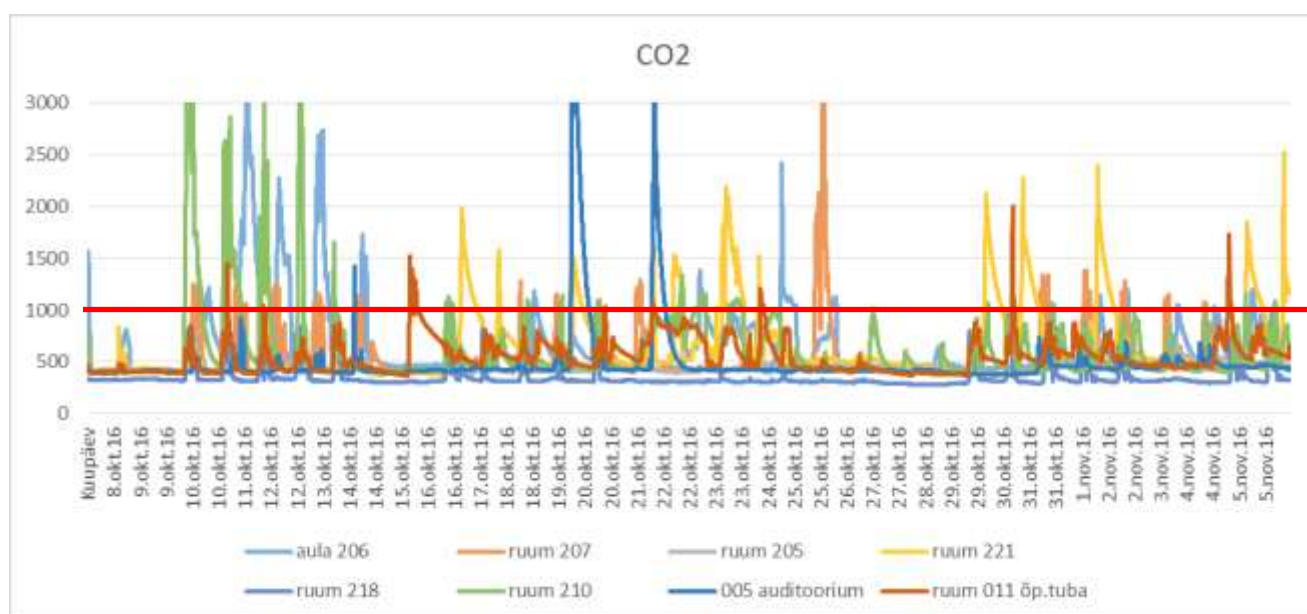
asjaoluga, et seos sise- ja välistemperatuuri vahel on negatiivne, on tõenäoline, et hoones kasutatakse automatiseeritud (välisõhu temperatuurist sõltuvat) temperatuuriregulaatorit.

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
<b>Kokku</b>	<b>22,67</b>	<b>1,575</b>	<b>22,9</b>	<b>15,8</b>	<b>34,3</b>	<b>-0,16</b>

**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 CO<sub>2</sub> sisaldus ruumiõhus.



Graafik 89. Ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses (mikroliitrit ppm liitris õhus).

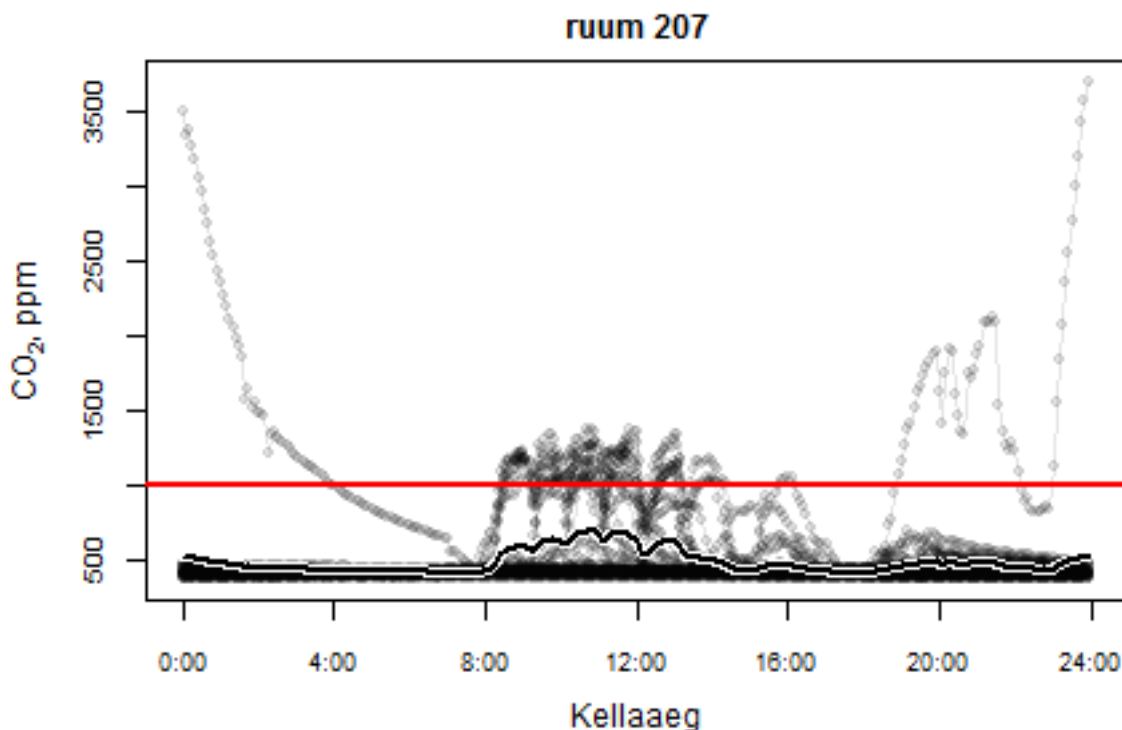
	aula 206	ruum 207	ruum 205	ruum 221	ruum 218	ruum 210	005 auditoorium	11 õp.tuba	KOKKU
<b>KOKKU</b>	10055	9984	10049	9313	9302	9216	10029	9181	<b>77129</b>
<b>Üle 1000 ppm</b>	833	669	206	1232	8	694	310	167	<b>4119</b>
<b>Üle 1000 ppm</b>	8,3%	6,7%	2,0%	13,2%	0,1%	7,5%	3,1%	1,8%	<b>5,3%</b>

Tabel 32. Lubatud CO<sub>2</sub> taseme 1000 ppm ületanud mõõtmiste arv koguliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 89 ja tabelist 32 lähtub, et CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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	Miinum	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.** CO<sub>2</sub>-sisalduse (ppm) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste

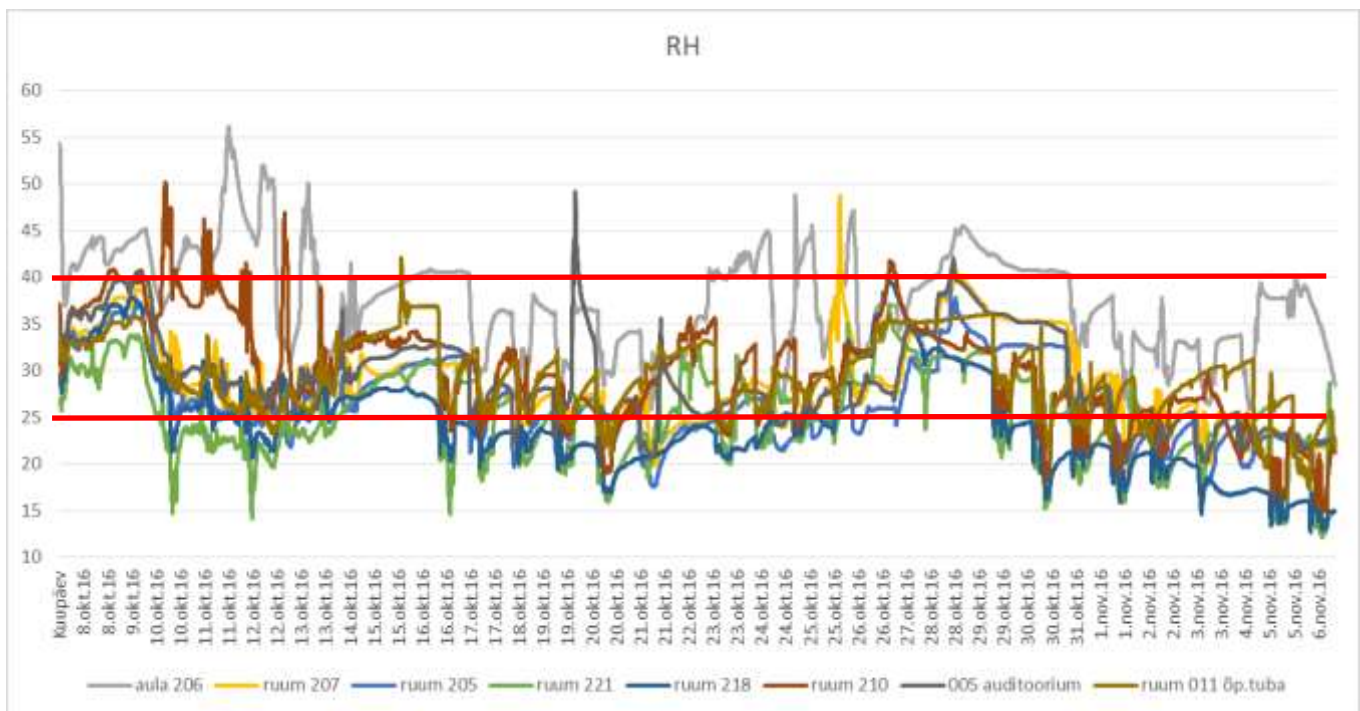


Graafik 90. CO<sub>2</sub> taseme muutus ruumis 207 ööpäeva lõikes.

Kokkuvõtteks võib väita, et CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> taseme alandamiseks.

Suhteline õhuniiskus



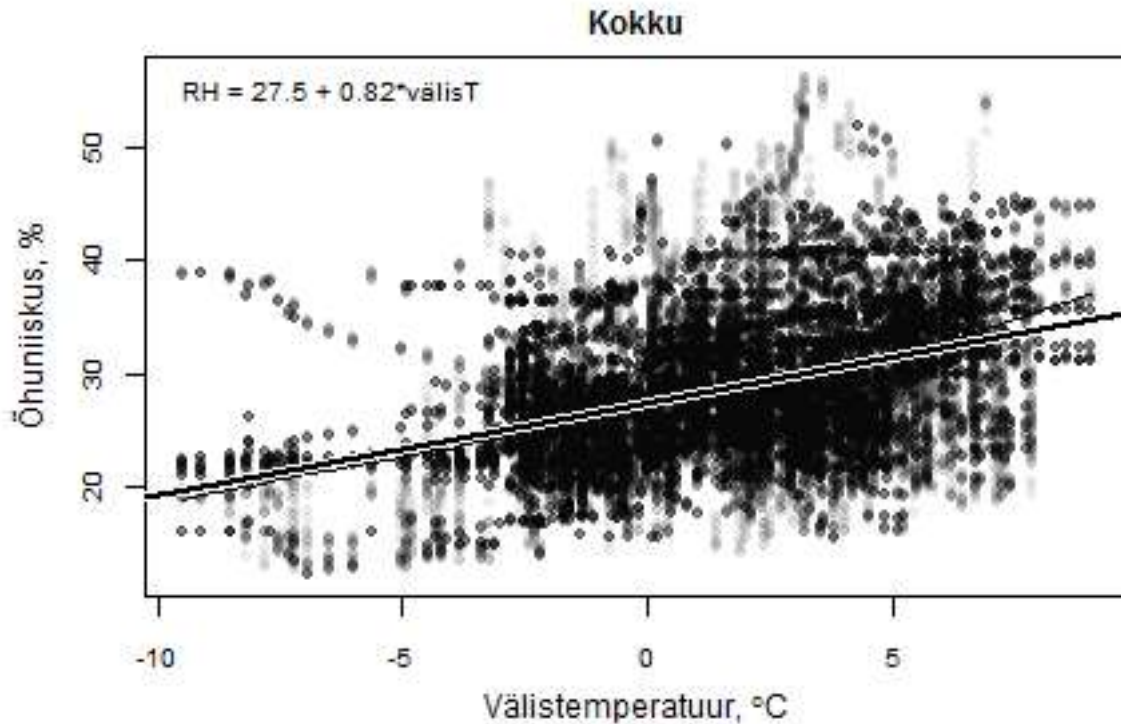
Graafik 91. Ruumiõhu suhtelise õhuniiskuse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

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

**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  $-20^{\circ}\text{C}$  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

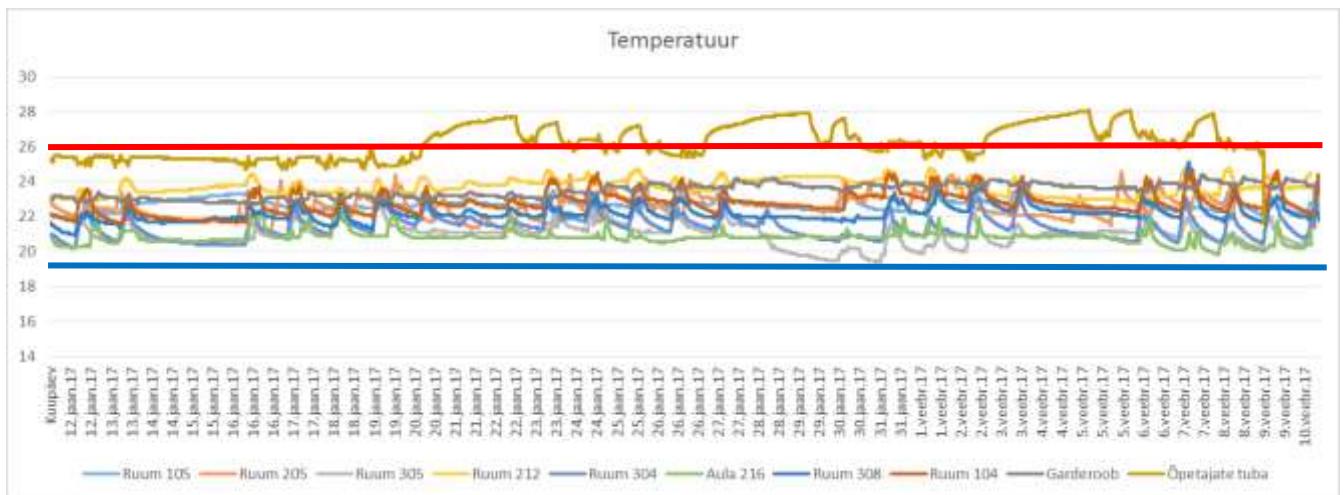
Mõõdistuse eripärad:

- 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
<b>KOKKU</b>	8551	8016	8558	8533	8558	8538	8592	8592	8563	8222	<b>84723</b>
<b>Üle 26 °C</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4288	<b>4288</b>
<b>alla 19 °C</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>Üle 26 °C</b>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	52,2%	<b>5,1%</b>
<b>alla 19 °C</b>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	<b>0,0%</b>

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

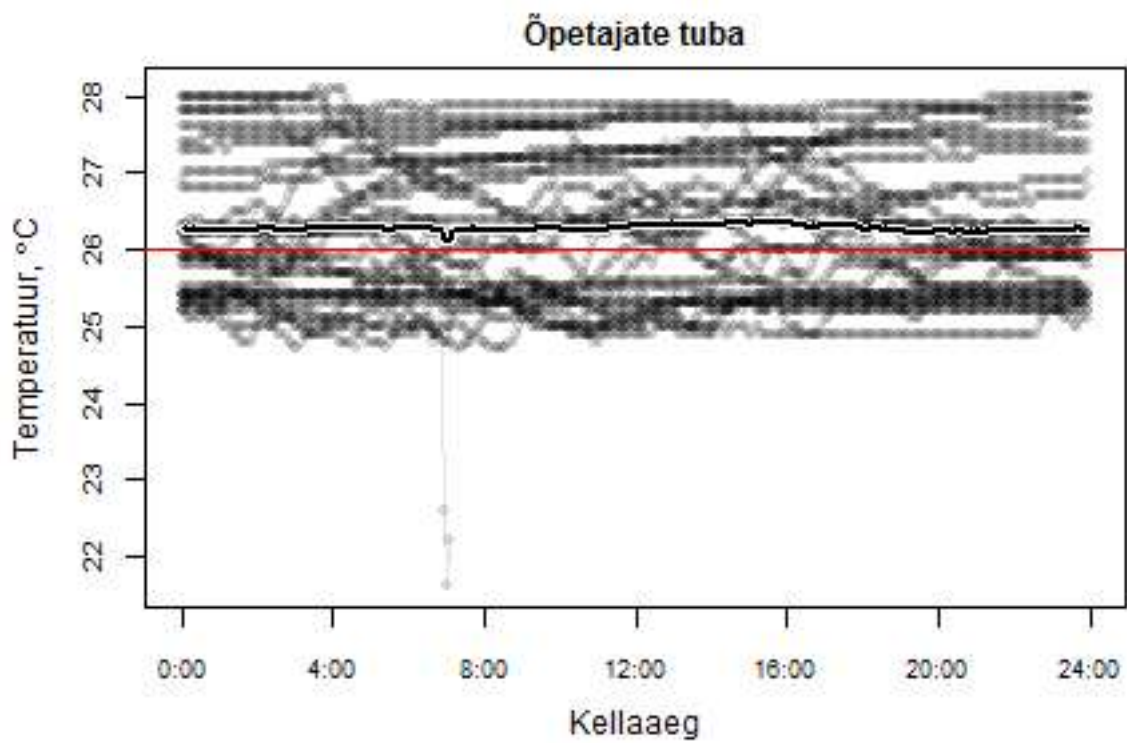
Graafikult 74 ja tabelist 23 lähtub, et suurim lubatud temperatuur 26°C on ületatud vaid õpetajate toas ning seda koguni 52,2% kogu mõõdistusperioodi ajast. Huvitav on asjaolu, et õpetajate toas on kõige kõrgem temperatuur nädalavahetustel. Kuna nädalavahetustel on selles ruumis temperatuur ühtlaselt 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.

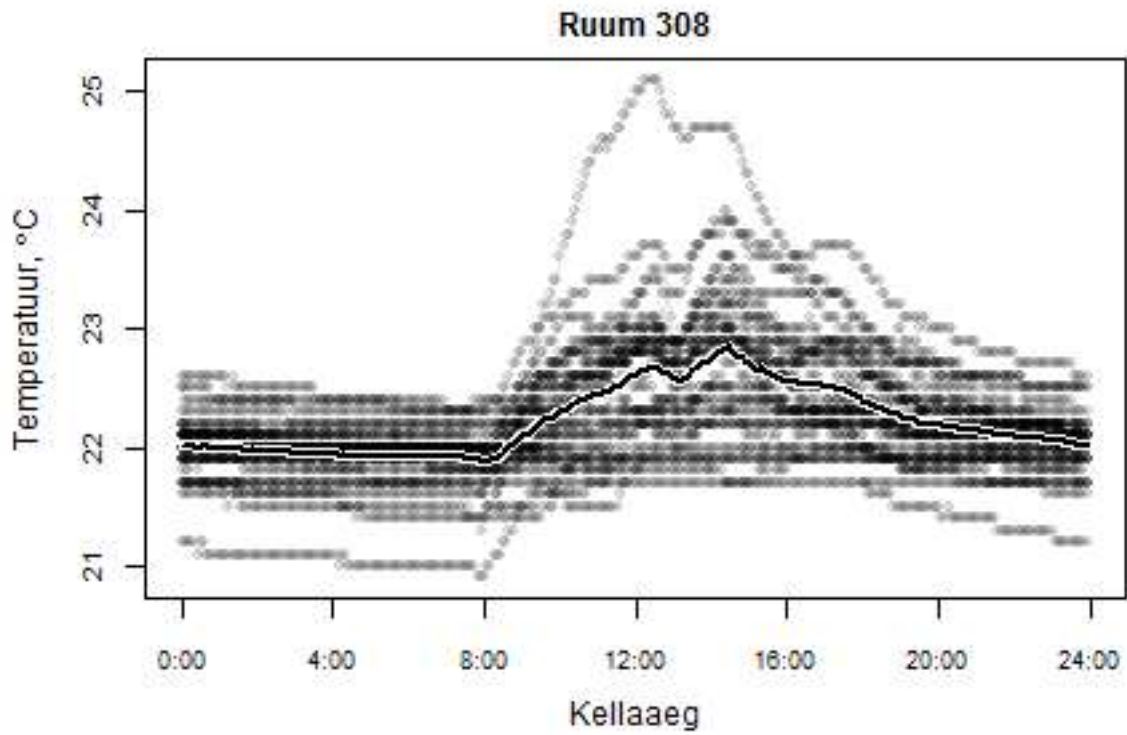
Ruum	Keskmine	Standard- hälve	Mediaan	Miinum	Maksimu m	Korrelatsioon välistemp,- ga
Aula 216	22,69	0,33	22,7	21,9	23,8	0,31
Garderoob	22,53	0,64	22,5	20,9	24,6	-0,13
Ruum 104	20,98	0,61	21,1	19,4	23,0	0,03
Ruum 105	23,71	0,44	23,7	22,8	24,8	0,17
Ruum 205	21,42	0,62	21,4	20,2	23,3	0,16
Ruum 212	20,83	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

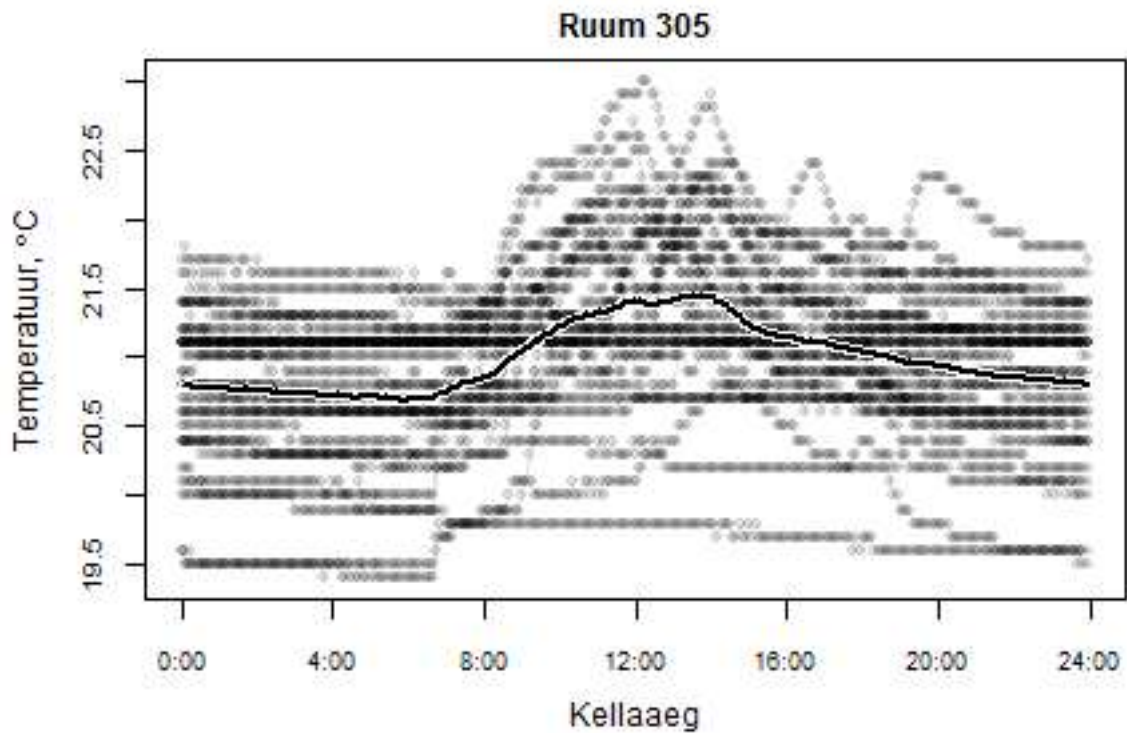
**Tabel 38.** Õhutemperatuuri (°C) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas mõõdetud välistemperatuuriga



Graafik 94. Õpetajate toa temperatuuri muutus ööpäeva lõikes

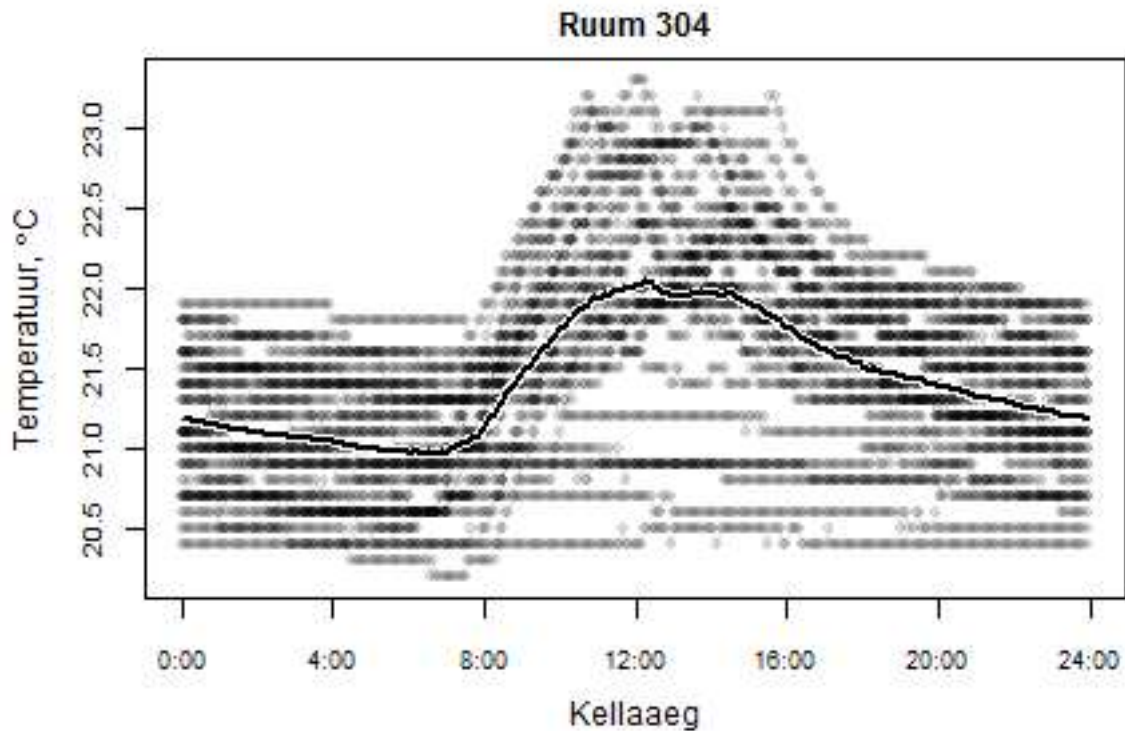


Graafik 95. Ruumi 308 temperatuuri muutus ööpäeva lõikes



Graafik 96. Ruumi 305 temperatuuri muutus ööpäeva lõikes

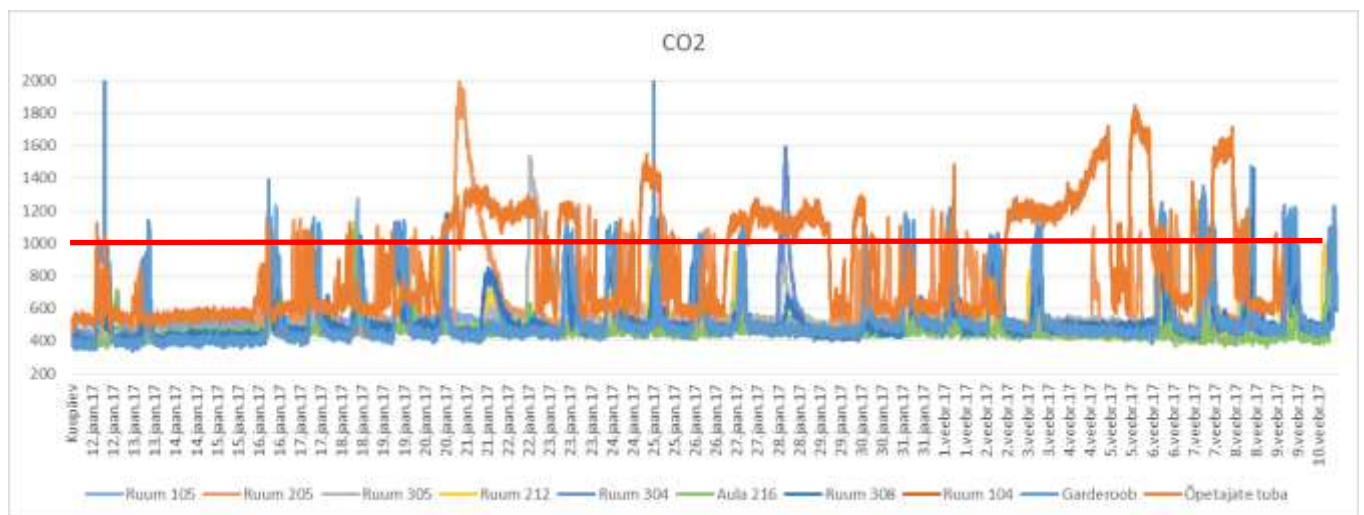




Graafik 97. Ruumi 304 temperatuuri muutus ööpäeva lõikes

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

Süsinikdioksiidi CO<sub>2</sub> sisaldus ruumiõhus.



Graafik 98. Ruumiõhu CO<sub>2</sub> 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
<b>KOKKU</b>	8551	8016	8558	8533	8558	8538	8592	8592	8563	8222	<b>84723</b>
<b>Üle 1000 ppm</b>	191	476	120	45	182	16	182	551	1	2957	<b>4721</b>
<b>Üle 1000 ppm</b>	2,2%	5,9%	1,4%	0,5%	2,1%	0,2%	2,1%	6,4%	0,0%	36,0%	<b>5,6%</b>

Tabel 39. Lubatud CO<sub>2</sub> taseme 1000 ppm ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 98 ja tabelist 39 lähtub, et CO<sub>2</sub> sisaldus ületab kõikides ruumides mingi ajaperioodi vältel lubatu piiri. Neist garderoobis on ületamine ühekordne, Ruumides 305, 212 ja 216 lühiajaline ja mitteoluline. Oluline on CO<sub>2</sub> lubatud taseme ületamine ruumides 105, 205, 304, 308 ja 104 ning kõige suurem on ületamine õpetajate toas, kus 36,0% kogu mõõtmisperioodi ajast on CO<sub>2</sub> sisaldus lubatust kõrgem.

Õpetajate toas on CO<sub>2</sub> tase kogu ööpäeva jooksul ühtlaselt kõrge (graafik 99). See näitab asjaolu, et õpetajate toa õhuvahetus on puudulik ning pärast õppetööd CO<sub>2</sub> tase ei lange, vaid püsib kõrgena kuni järgmise päevani. Kuna hilistel õhtutundidel CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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.

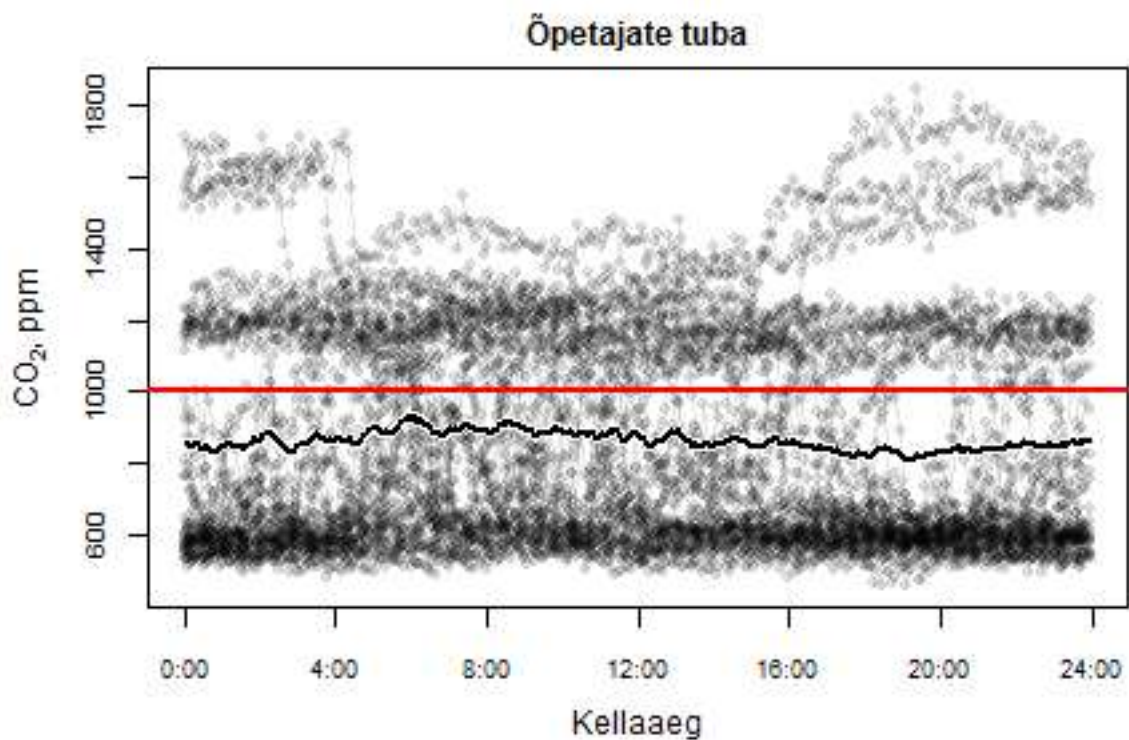
Ruumis 308 on CO<sub>2</sub> tõus õppetegevuse algusega seotud (graafik 100) ning õppetöö tunni jooksul tõuseb tase veelgi (graafik 101). Pärast tundide lõppu aga CO<sub>2</sub> tase aeglaselt langeb ning keskmiselt kella 20.00 paiku saavutab jälle algtaseme (välisõhuga sarnane tase).

Ruumis 205 on CO<sub>2</sub> taseme tõus seotud enamasti õhtutundidega, ühekordselt (20-21.jaanuar 2016) tõuseb CO<sub>2</sub> tase ka öötundidel (graafik 104). Kuna tõus sellel ööl on märkimisväärne, siis toimus ruumis suure tõenäosusega mingi rahvakogunemine.

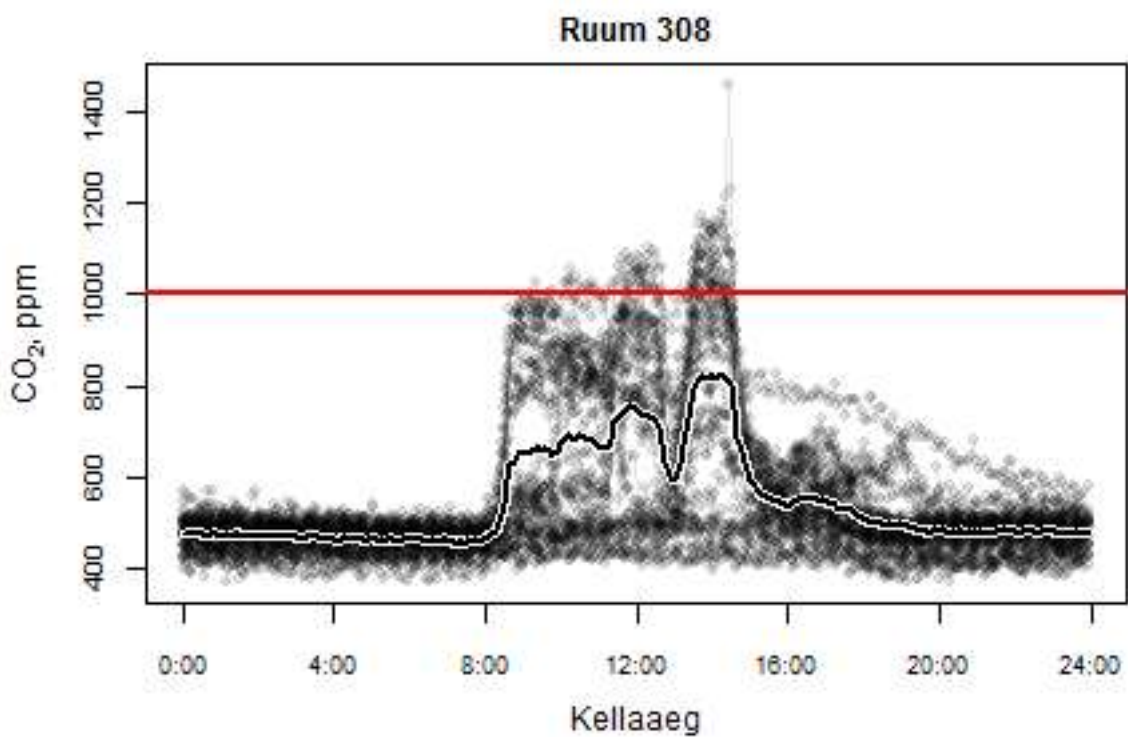
Ruumides 104 ja 105 toimub CO<sub>2</sub> taseme tõus õppetöö alates ja langeb kiiresti õppetöö lõppedes (graafikud 105 ja 106).

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

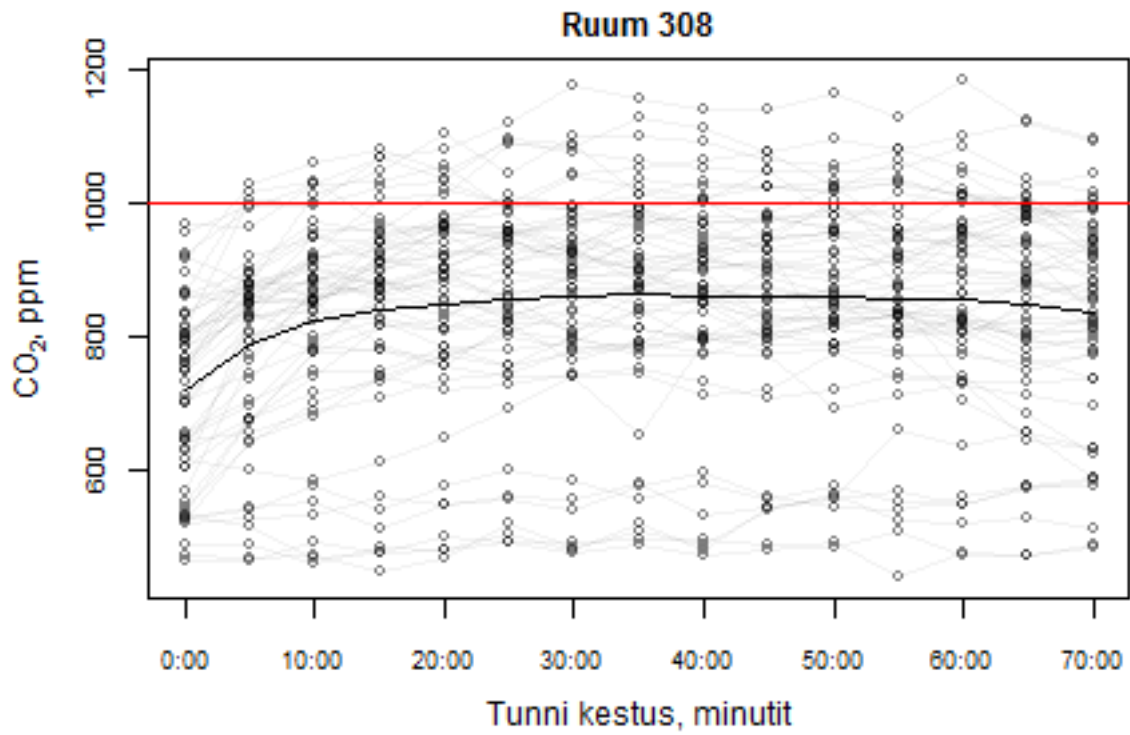
**Tabel 40.** CO<sub>2</sub>-sisalduse (ppm) olulisemad arvarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul



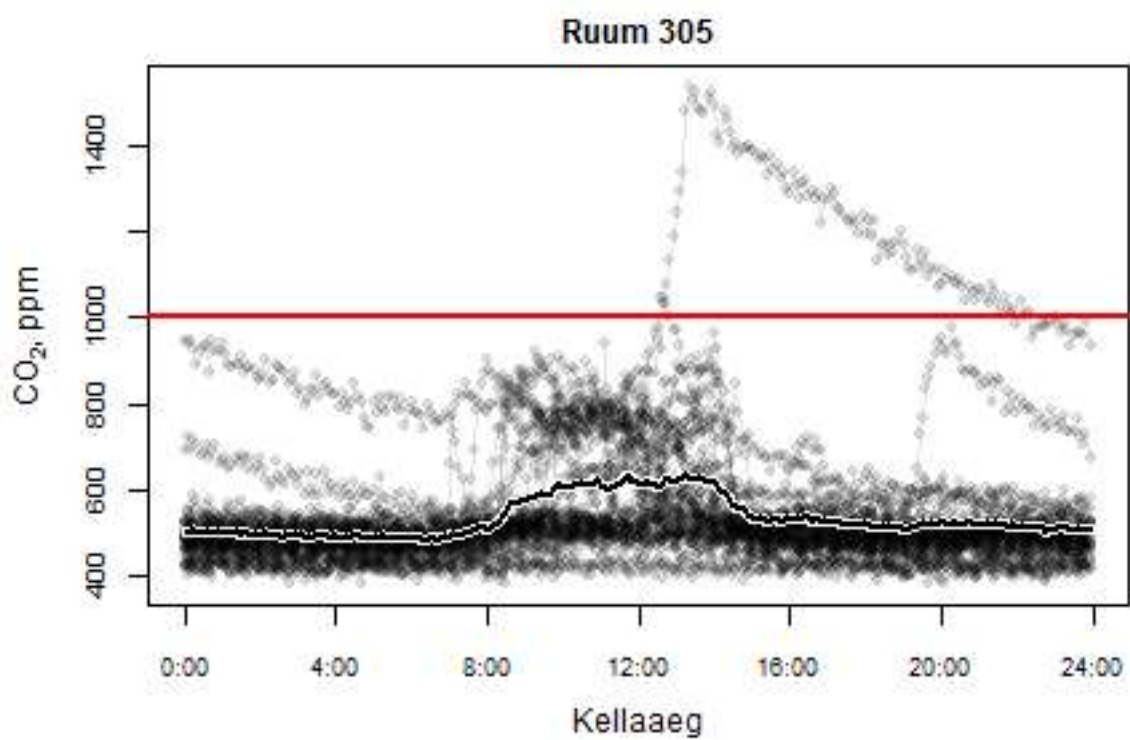
Graafik 99. CO<sub>2</sub> taseme muutus õpetajate toas ööpäeva lõikes



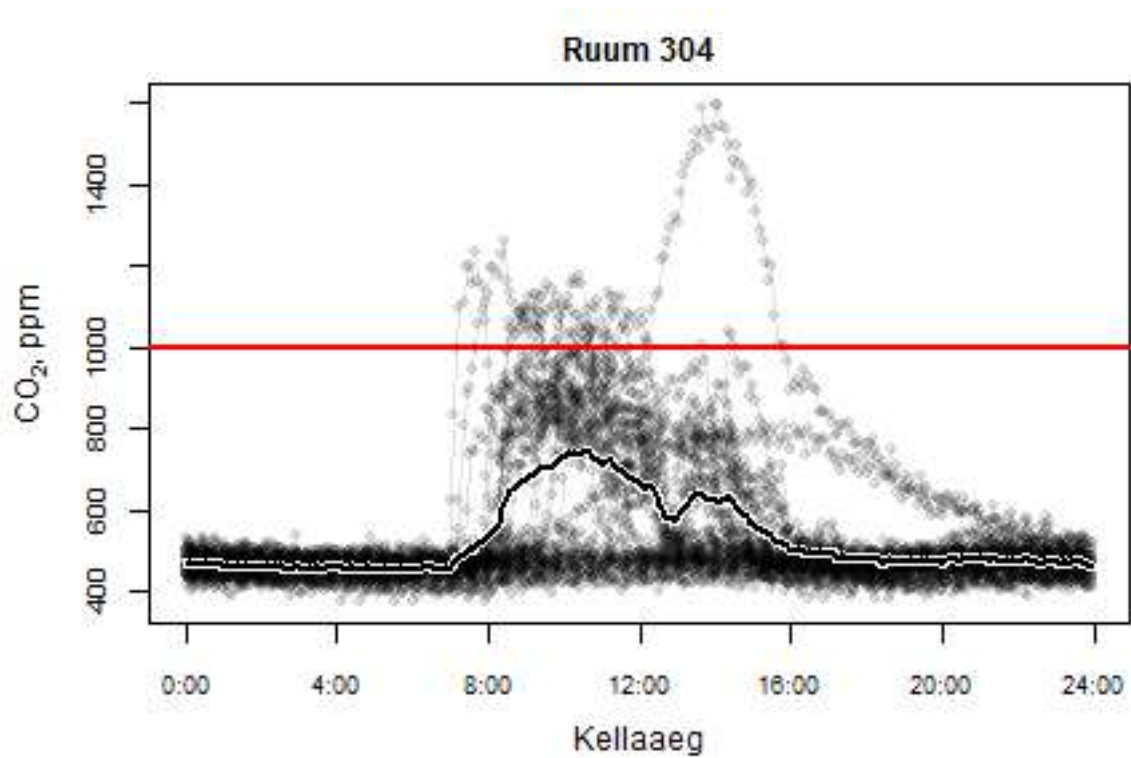
Graafik 100. CO<sub>2</sub> taseme muutus ruumis 308 ööpäeva lõikes



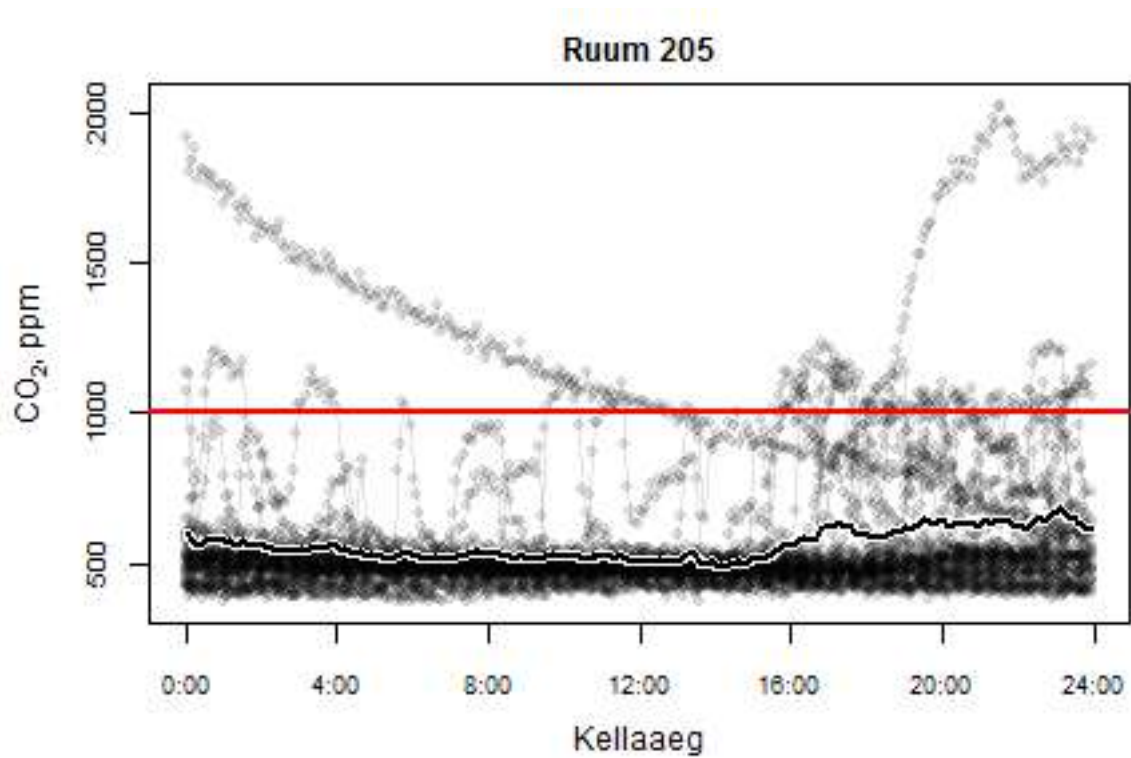
Graafik 101. CO<sub>2</sub> taseme muutus ruumis 308 õppetöö tunni lõikes



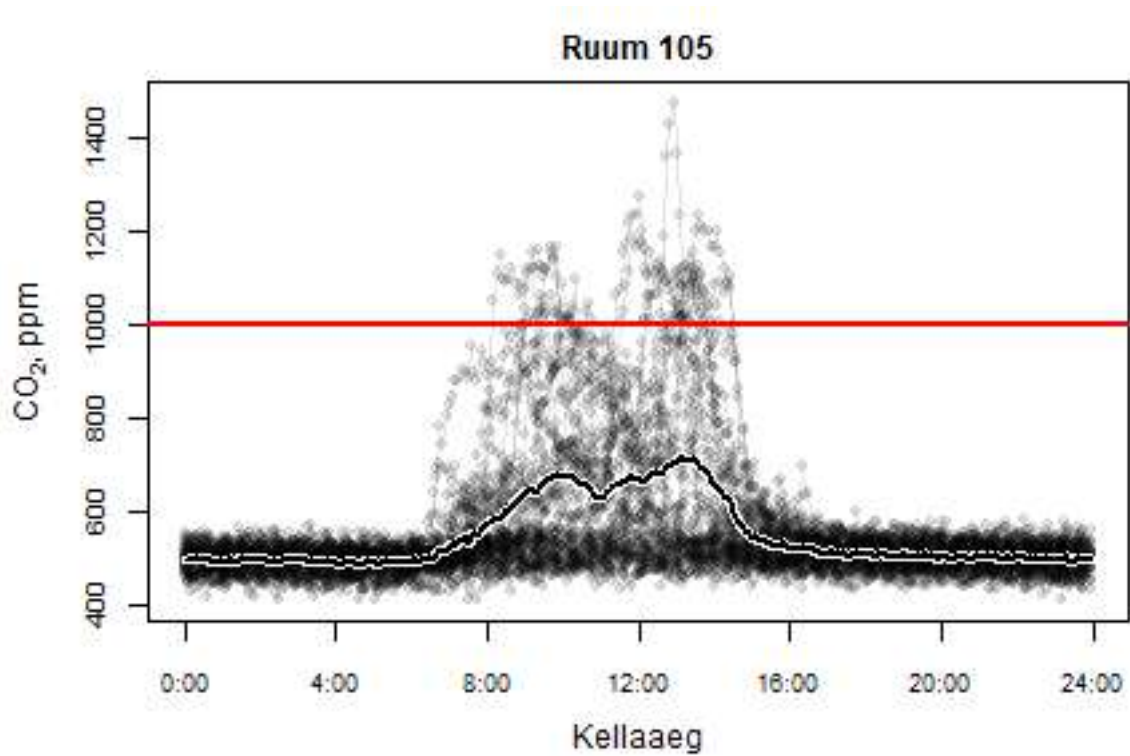
Graafik 102. CO<sub>2</sub> taseme muutus ruumis 305 ööpäeva lõikes



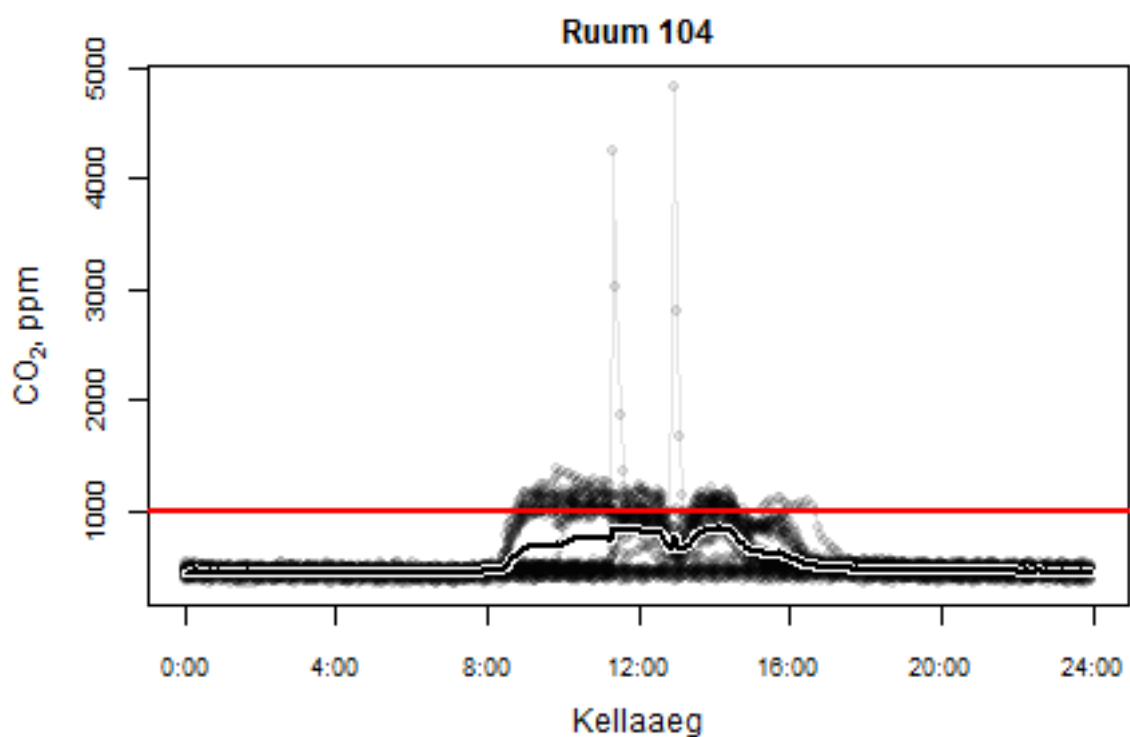
Graafik 103. CO<sub>2</sub> taseme muutus ruumis 304 ööpäeva lõikes



Graafik 104. CO<sub>2</sub> taseme muutus ruumis 205 ööpäeva lõikes

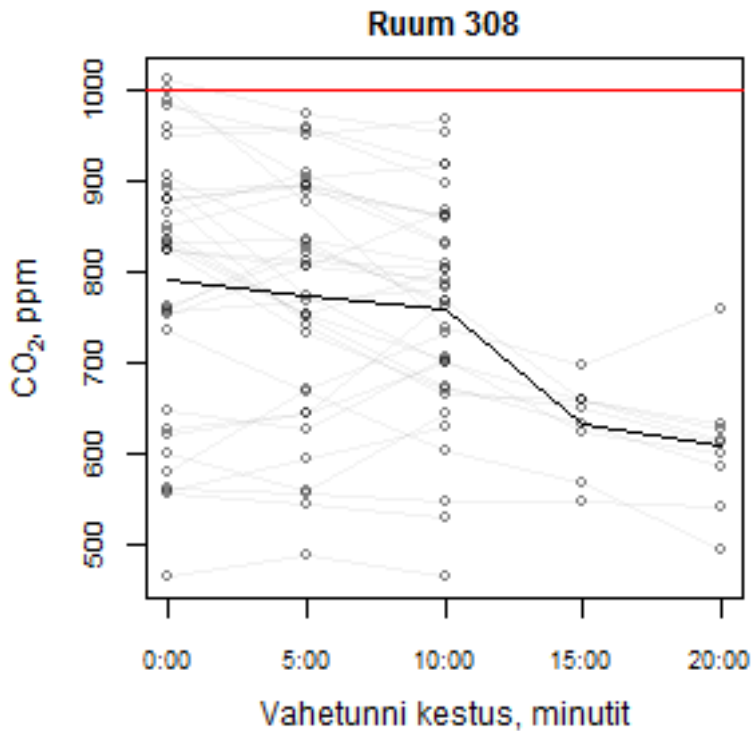


Graafik 105. CO<sub>2</sub> taseme muutus ruumis 105 ööpäeva lõikes

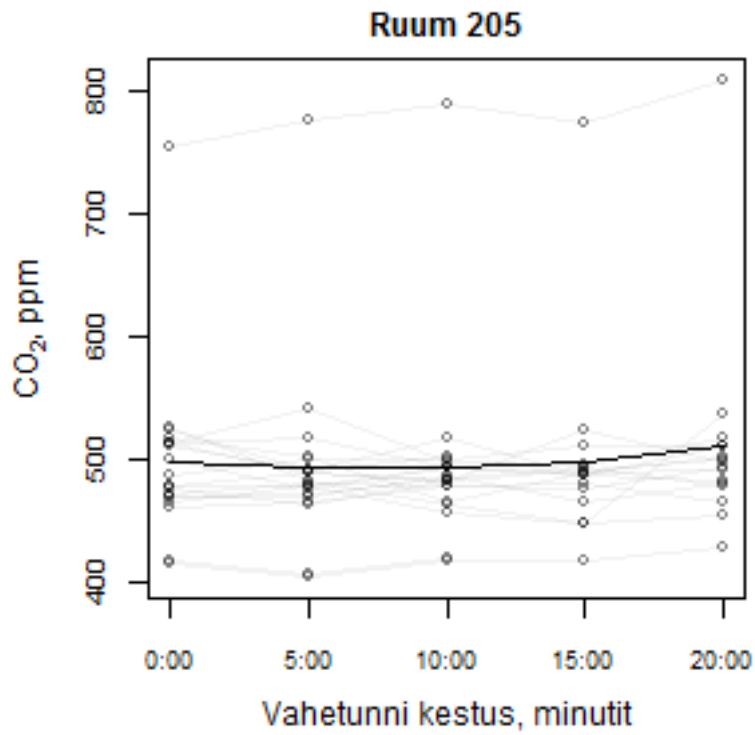


Graafik 106. CO<sub>2</sub> taseme muutus ruumis 308 ööpäeva lõikes

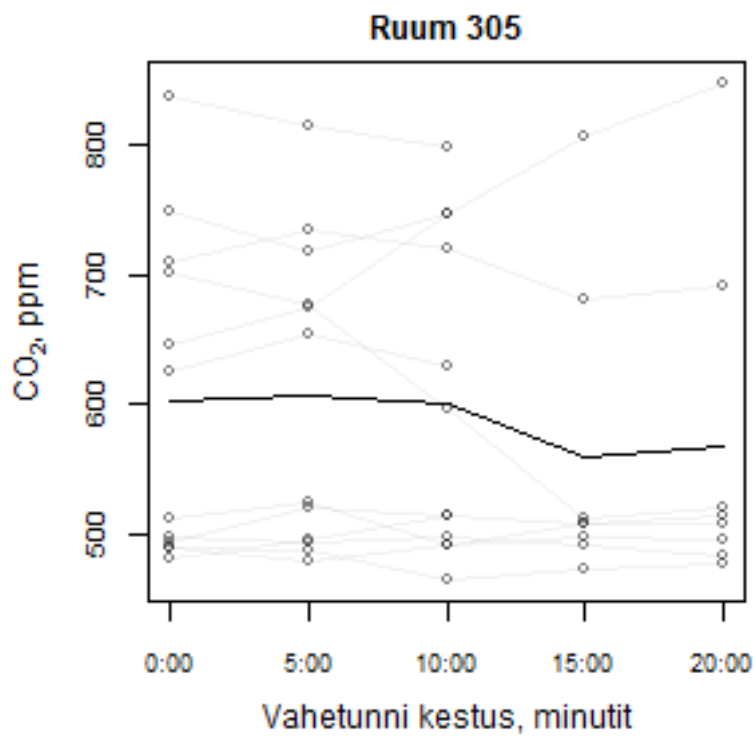
Vahetunnil langeb CO<sub>2</sub> tase klassiruumides aeglaselt (tabel 41). Kõige kiirem on langus ruumis 308, kus iga minut langeb CO<sub>2</sub> tase keskmiselt 6,89 ppm (graafik 107). Samas ruumis 205 praktiliselt CO<sub>2</sub> tase ei vähene (graafik 108), sest suure tõenäosusega on õpilased vahetunnil klassiruumis ning ruumis 305 CO<sub>2</sub> tase alguses langeb, kuid vahetunni lõpus hakkab taas tõusma. Viimatimainitud ruumis on olnud ka vahetunde, kus CO<sub>2</sub> tase langemise asemel tõuseb.



Graafik 107. Ruumi 308 CO<sub>2</sub> taseme muutus vahetunni lõikes



Graafik 108. Ruumi 205 CO<sub>2</sub> taseme muutus vahetunni lõikes



Graafik 109. Ruumi 305 CO<sub>2</sub> taseme muutus vahetunni lõikes

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

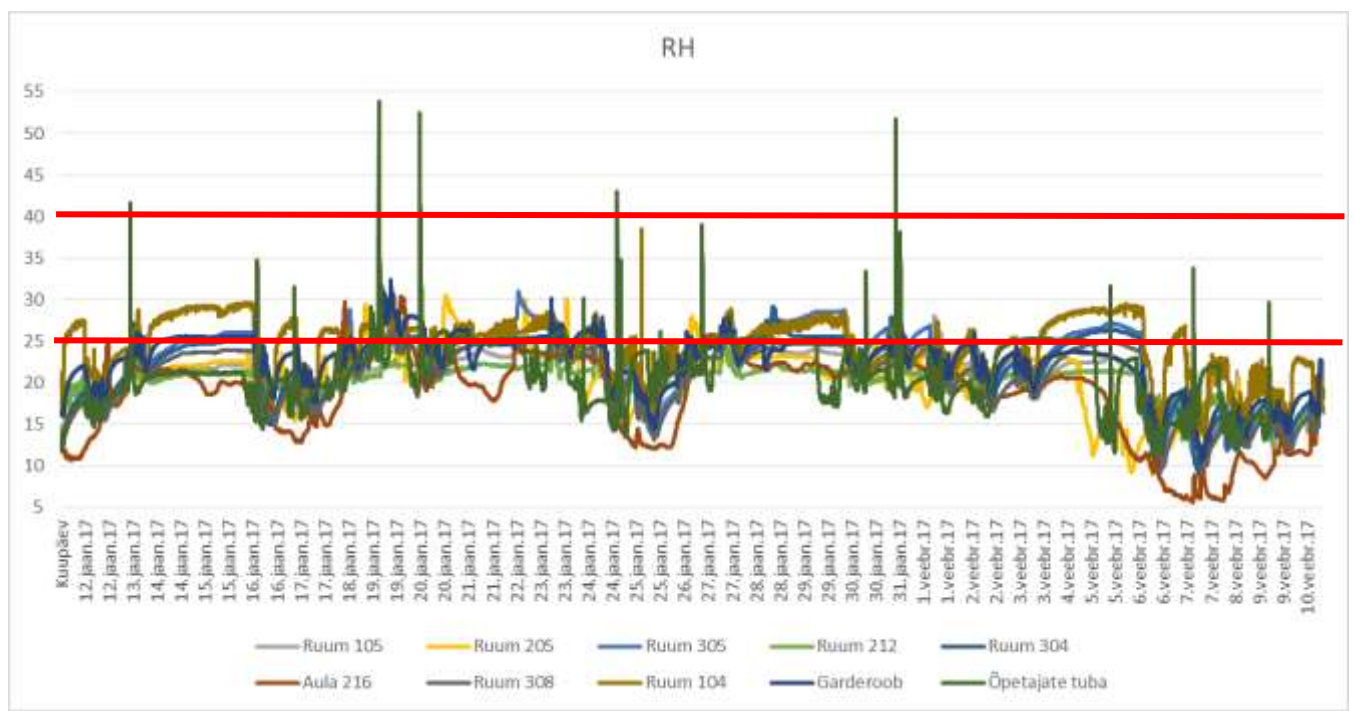


		hälve				minutis
Ruum 104	498,3	73,8	486	403	810	-0,350
Ruum 205	591,4	118,9	515	465	847	-0,175
Ruum 304	658,2	180,7	580	422	1125	-2,150
Ruum 305	751,5	136,3	761	463	1011	-3,357
Ruum 308	912,2	355,5	951,5	405	4831	-6,890
Kokku	722,2	269,1	687	403	4831	-3,497

**Tabel 41.** CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub> tasemega on Jõgevamaa Gümnaasiumis väheseid probleeme. Eriti kriitiline on tase õpetajate toas, mida kasutatakse ka õhtul ja kohati ka öötundidel. CO<sub>2</sub> 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
<b>KOKKU</b>	8551	8016	8558	8533	8558	8538	8592	8592	8563	8222	<b>84723</b>
<b>alla 40 %</b>	8551	8016	8558	8533	8558	8538	8592	8592	8563	8209	<b>84710</b>
<b>alla 25 %</b>	8269	7270	5419	8508	6526	8080	7803	4267	6351	6460	<b>68953</b>
<b>alla 40 %</b>	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	99,8%	<b>100,0%</b>
<b>alla 25 %</b>	96,7%	90,7%	63,3%	99,7%	76,3%	94,6%	90,8%	49,7%	74,2%	78,6%	<b>81,4%</b>

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.

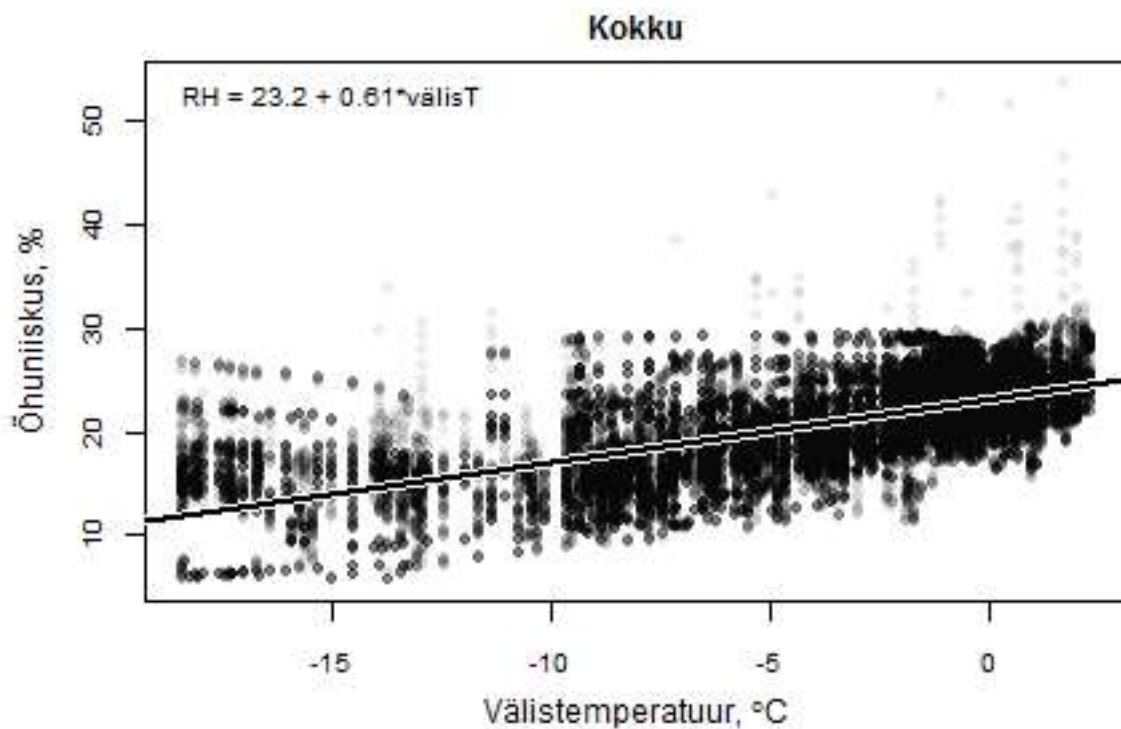
Ruum	Keskmine	Standard- hälve	Mediaan	Miinumum	Maksimu m	Korrelatsioon välistemp,- ga
Aula 216	20,77	3,25	21,8	10,4	28,8	0,83
Garderoob	20,71	3,68	21,7	9,2	30,5	0,69
Ruum 104	22,14	4,68	23,7	8,6	31,0	0,78
Ruum 105	20,20	2,04	21	11	25,8	0,76
Ruum 205	21,79	3,99	23,1	8,5	30,5	0,74
Ruum 212	18,44	5,15	20	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  $\text{CO}_2$  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  $1^{\circ}\text{C}$  välisõhu temperatuuri muutust toob kaasa 0,61% siseõhu suhtelise niiskuse muutust. Graafikult 111 on näha, et väga külma (alla  $-10^{\circ}\text{C}$ ) 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).

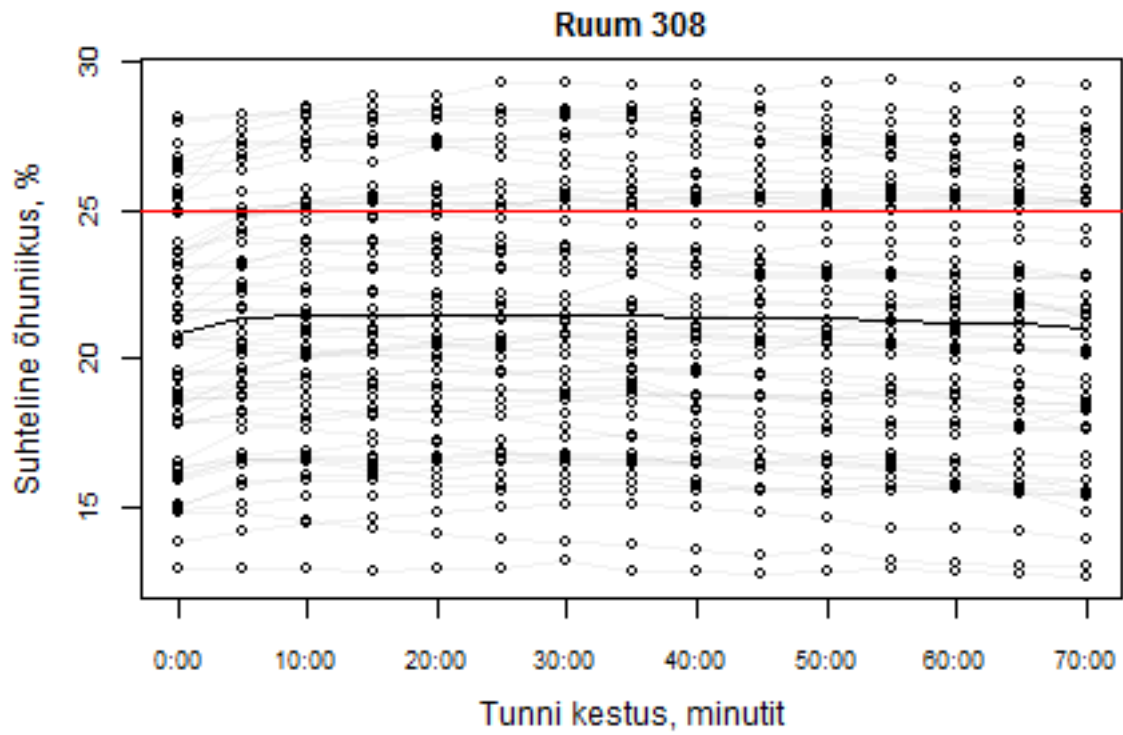
Ruum	Keskmin e	Standar dhälve	Mediaan	Miinumum	Maksimu m	Korrelatsioon välistemp,- ga
205 klassiruum	40,88	5,18	41,1	28,0	53,9	0,73
208 arvutiklass	42,09	5,87	42,9	24,8	55,1	0,87
309 võõrkeel muusikaklass	43,41	5,98	42,7	31,5	88,7	0,87
ruum 106	33,35	6,92	32,6	21,3	48,0	0,82
ruum 114 I+II klass	41,93	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

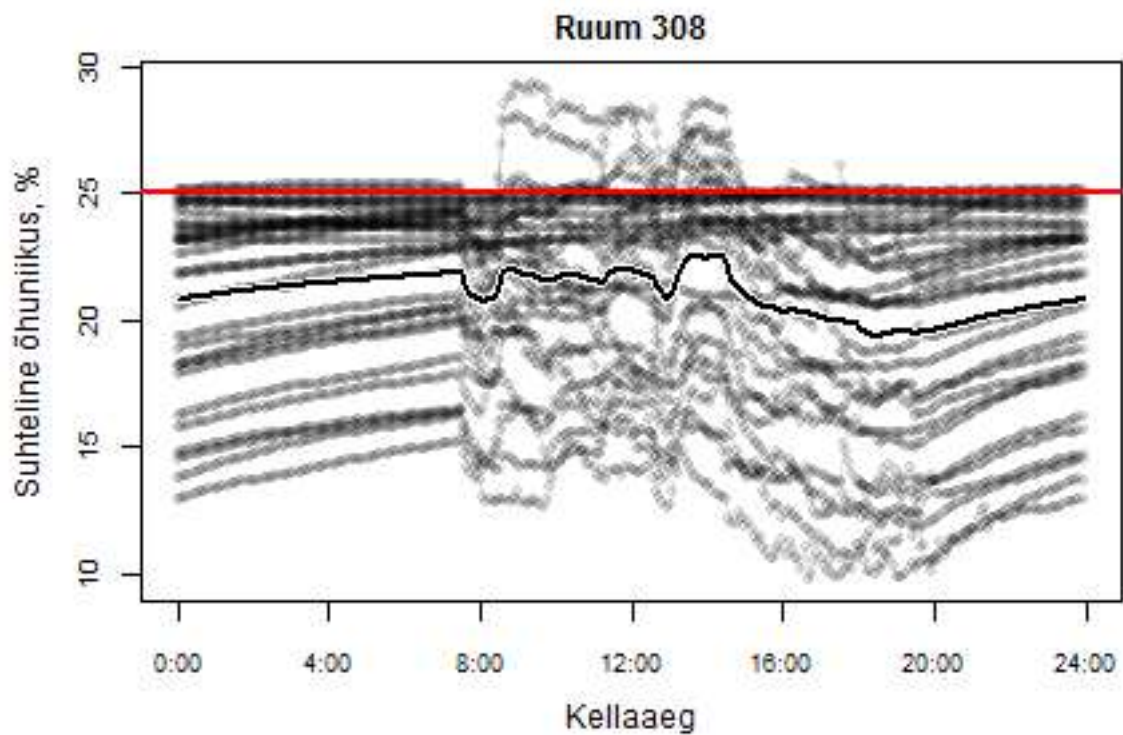


Graafik 111. Siseõhu suhtelise niiskuse sõltuvus välisõhu temperatuurist

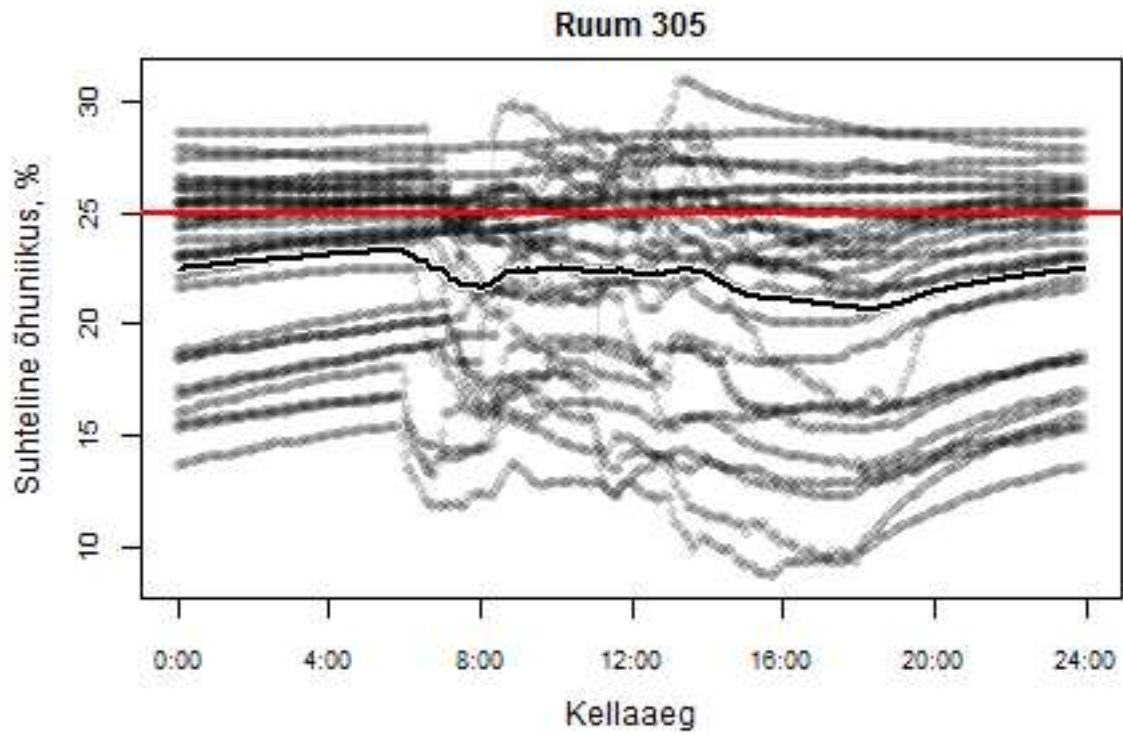
Graafikutelt 112-125 on näha, et suhteline õhuniiskus tõuseb õppetöö tundide ajal vähe. Pigem ööpäeva lõikes on näha, et suhteline õhuniiskus õppetöö perioodil langeb pisut ning pärast õppetööd tõuseb taas algtasemele.



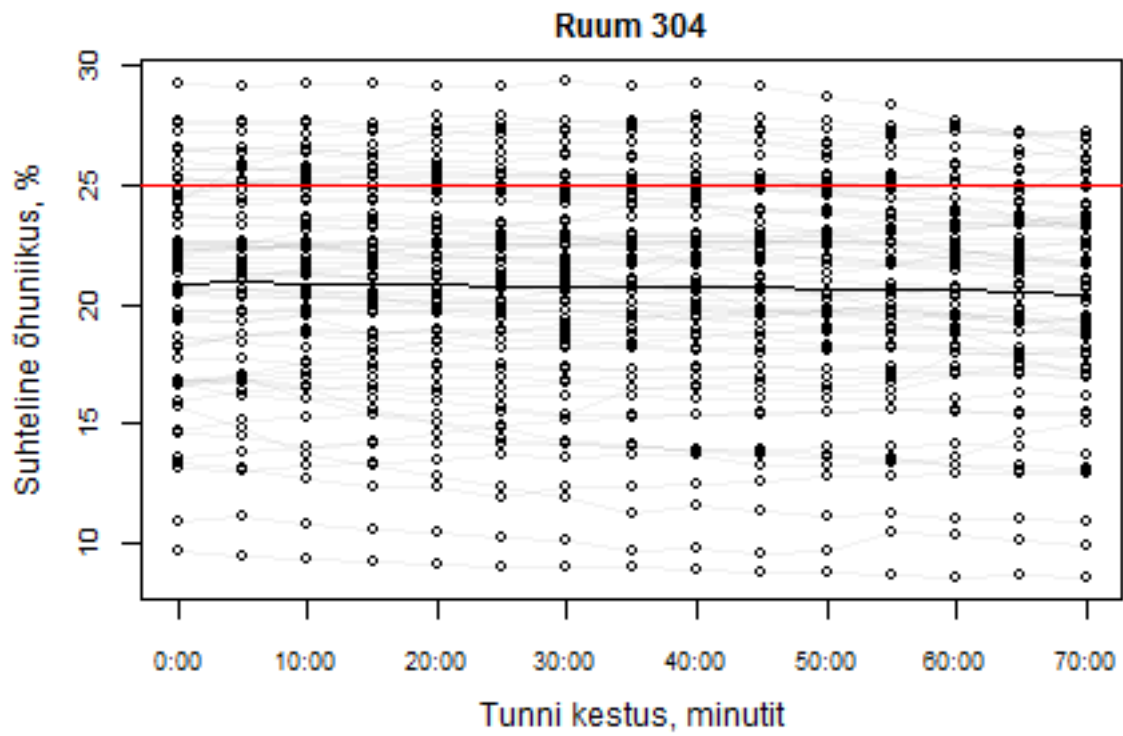
Graafik 112. Ruumi 308 suhtelise õhuniiskuse muutus õppetöö tunni lõikes



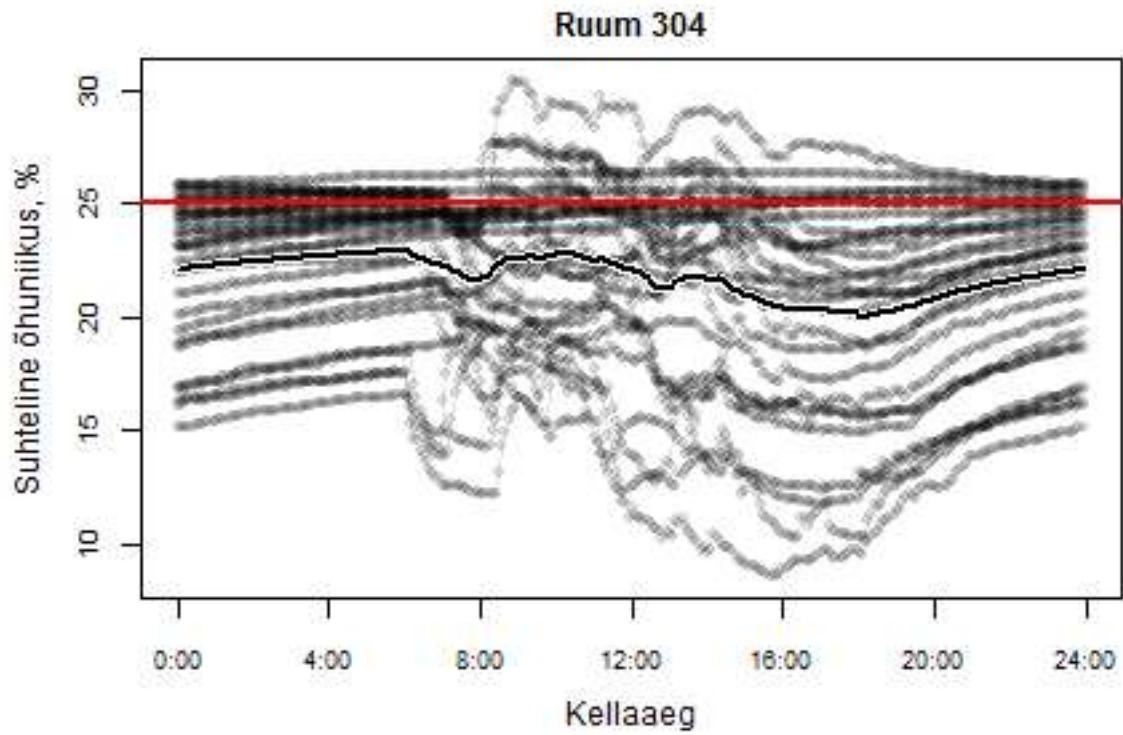
Graafik 113. Ruumi 308 suhtelise õhuniiskuse muutus ööpäeva lõikes



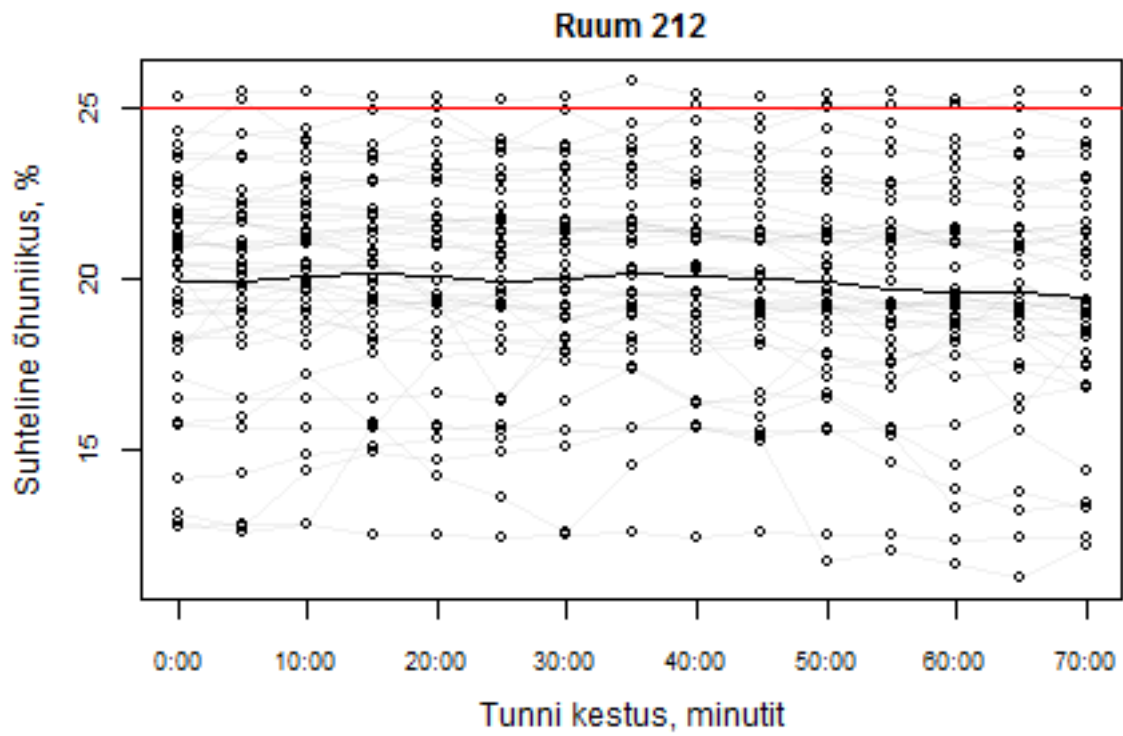
Graafik 114. Ruumi 305 suhtelise õhuniiskuse muutus ööpäeva lõikes



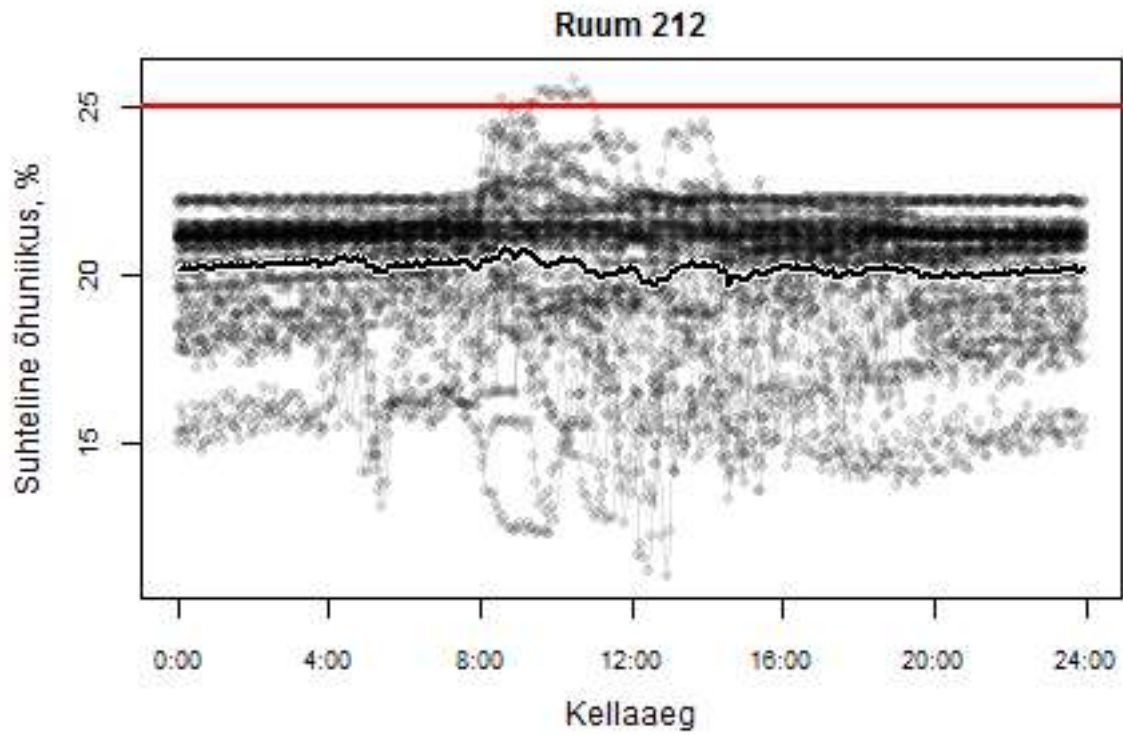
Graafik 115. Ruumi 304 suhtelise õhuniiskuse muutus õppetöö tunni lõikes



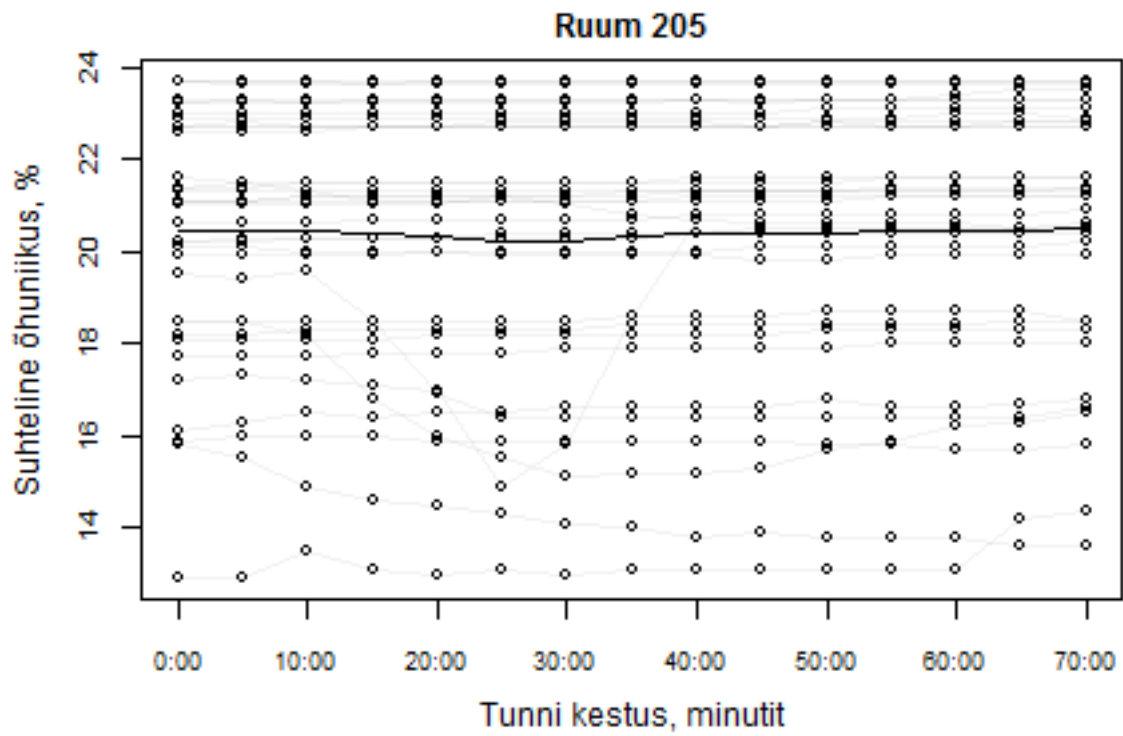
Graafik 116. Ruumi 304 suhtelise õhuniiskuse muutus ööpäeva lõikes



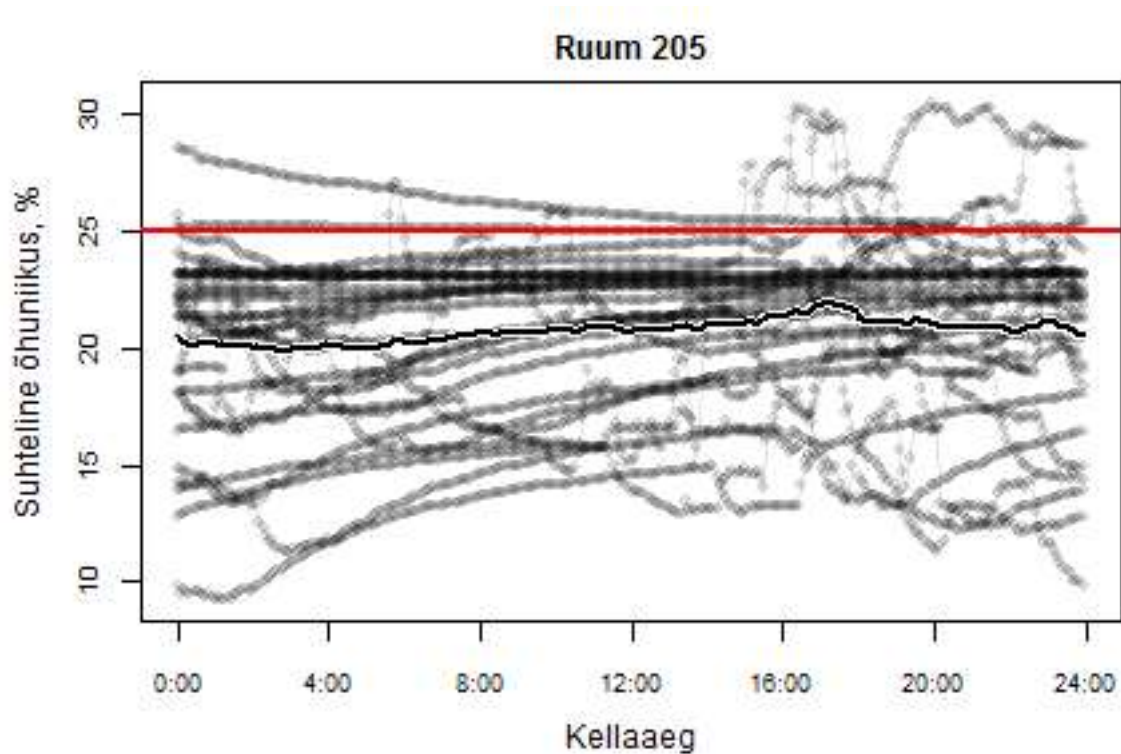
Graafik 117. Ruumi 212 suhtelise õhuniiskuse muutus õppetöö tunni lõikes



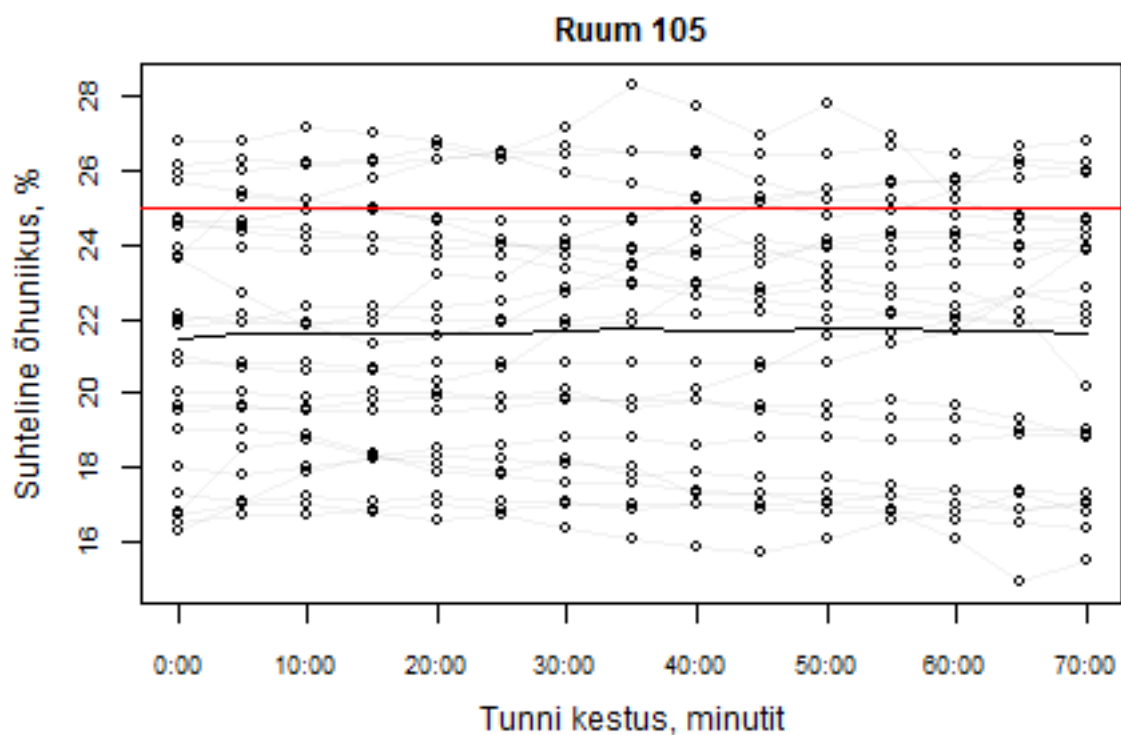
Graafik 118. Ruumi 212 suhtelise õhuniiskuse muutus ööpäeva lõikes



Graafik 119. Ruumi 205 suhtelise õhuniiskuse muutus õppetöö tunni lõikes

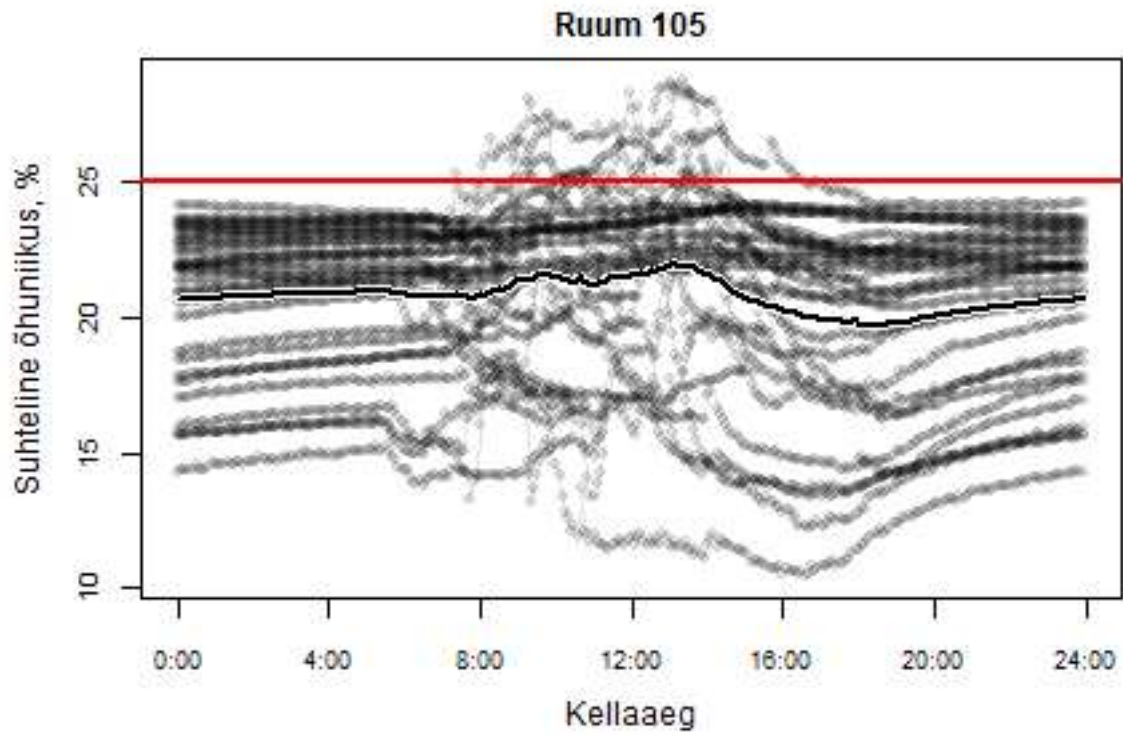


Graafik 120. Ruumi 205 suhtelise õhuniiskuse muutus ööpäeva lõikes

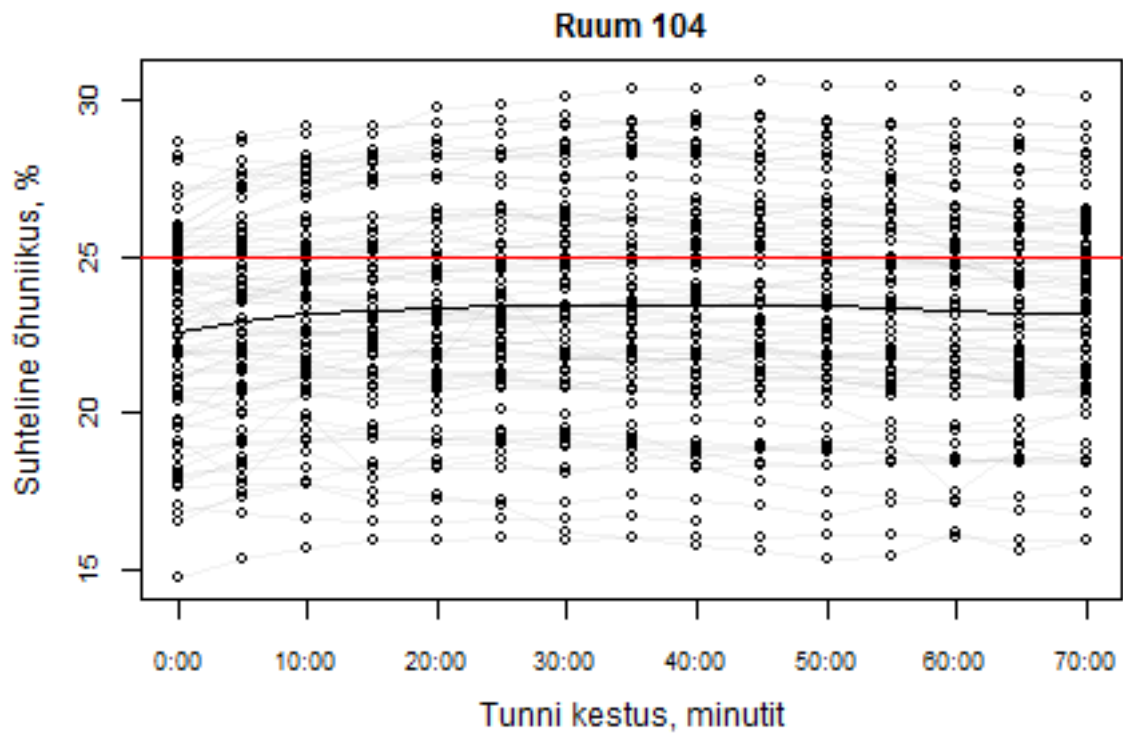


Graafik 121. Ruumi 105 suhtelise õhuniiskuse muutus õppetöö tunni lõikes

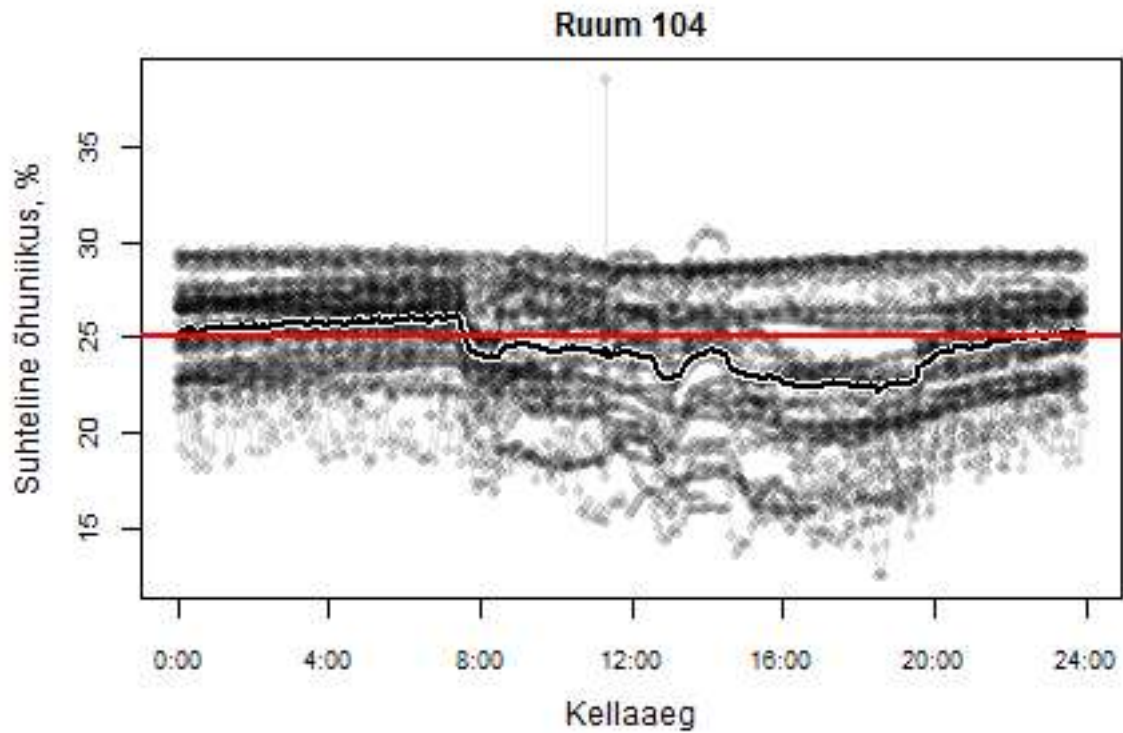




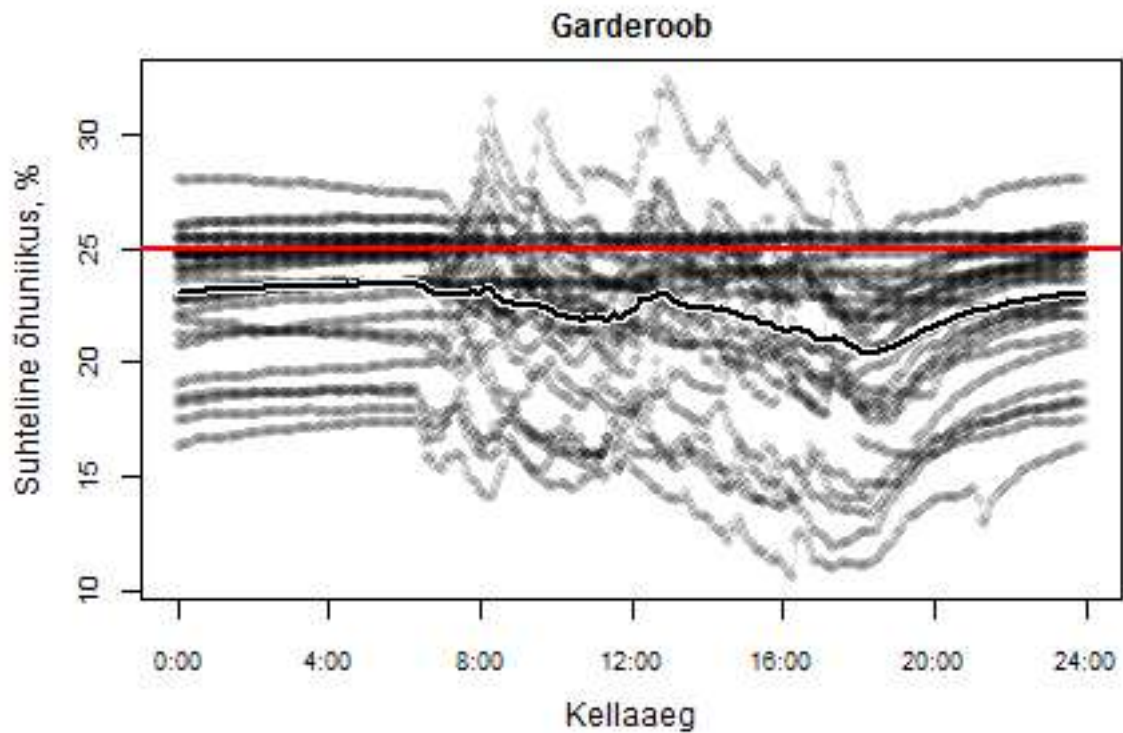
Graafik 122. Ruumi 105 suhtelise õhuniiskuse muutus ööpäeva lõikes



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  $-20^{\circ}\text{C}$  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

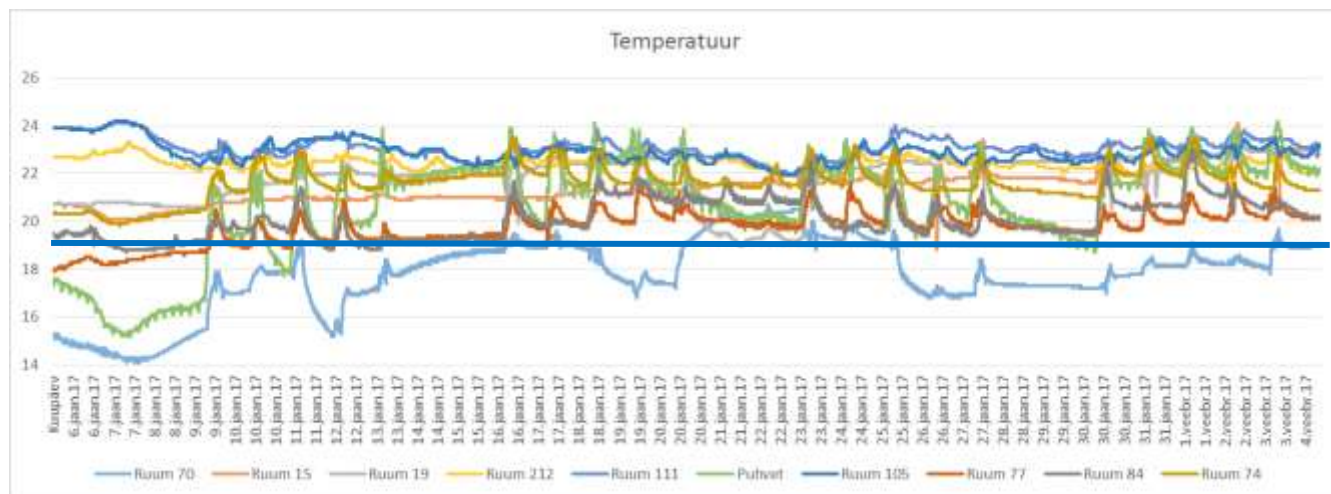
Mõõdistuse eripärad:

- 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
<b>KOKKU</b>	9169	9179	9168	9169	9168	9169	9180	9168	9169	9168	<b>91707</b>
<b>Üle 26 °C</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>alla 19 °C</b>	6461	36	24	31	21	1270	37	1110	542	21	<b>9553</b>
<b>Üle 26 °C</b>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	<b>0,0%</b>
<b>alla 19 °C</b>	70,5%	0,4%	0,3%	0,3%	0,2%	13,9%	0,4%	12,1%	5,9%	0,2%	<b>10,4%</b>

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
<b>Kokku</b>	<b>21,71</b>	<b>1,42</b>	<b>22,3</b>	<b>14,7</b>	<b>23,8</b>	<b>0,003</b>

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

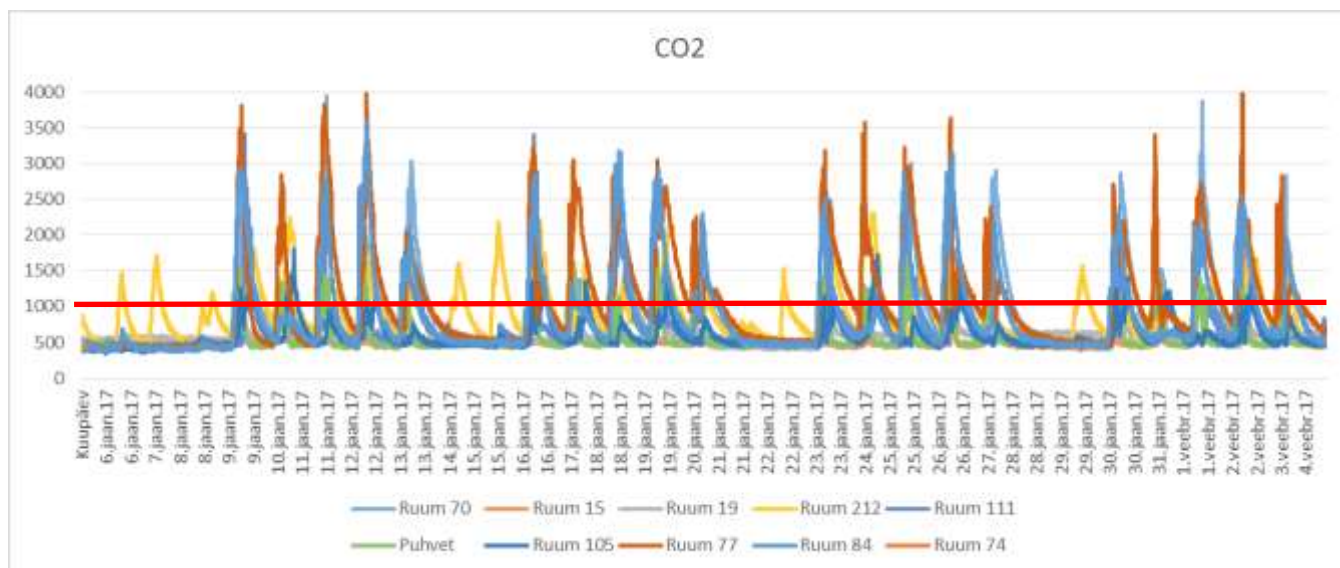
Sise- ja välistemperatuuri vahel on mõnedel ruumidel oluline seos (tabel 48). Nendeks ruumideks on 70, 77 ja puhvet. Nagu tabelist 46 on näha, kõikides nendes ruumides on külm sisekliima. Seega on nendel ruumide oluline soojakadu läbi välispiirde. Huvitavad korrelatsioonid sise- ja välistemperatuuri vahel on ruumidel 105, 111 ja 212. Vastavad korrelatsioonid -0,72, -0,56 ja -0,42. Kõik need ruumid on B hoones. Sellest järeldub, 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 CO<sub>2</sub> sisaldus ruumiõhus.



Graafik 127. Ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus kogu mõõtmisperiodi 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
<b>KOKKU</b>	9169	9179	9168	9169	9168	9169	9180	9168	9169	9168	<b>91707</b>
<b>Üle 1000 ppm</b>	2548	101	37	2523	958	786	669	3580	2311	2685	<b>13650</b>
<b>Üle 1000 ppm</b>	27,8%	1,1%	0,4%	27,5%	10,4%	8,6%	7,3%	39,0%	25,2%	29,3%	<b>14,9%</b>

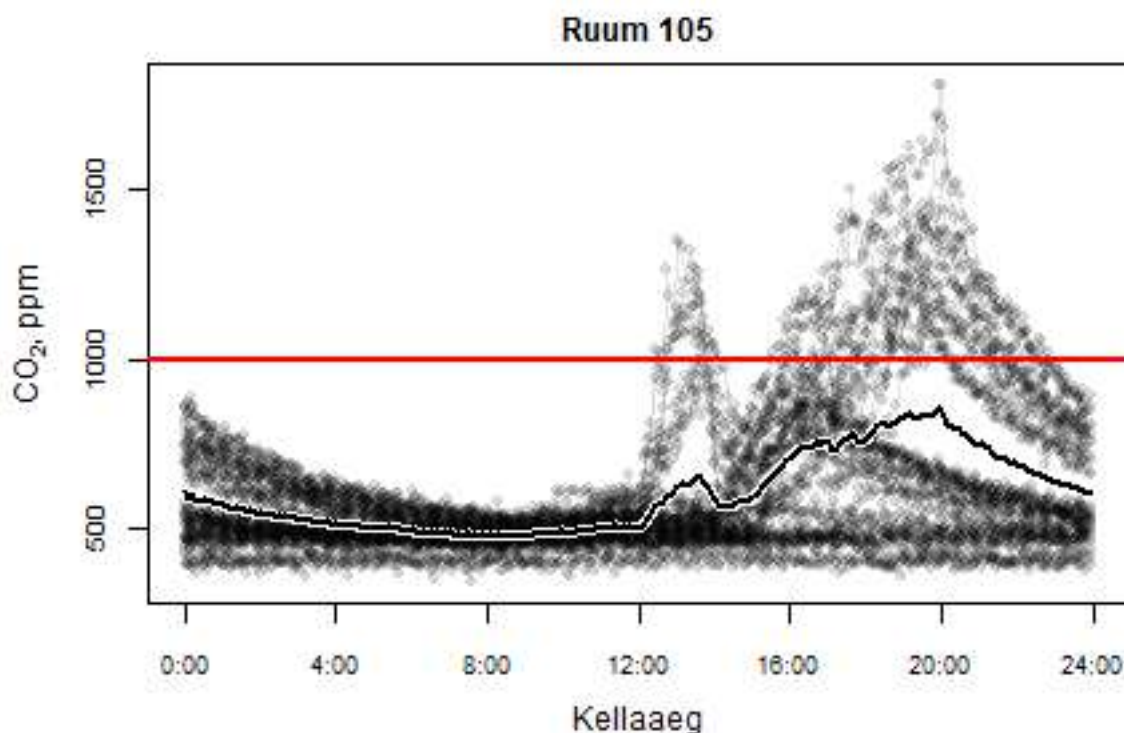
Tabel 49. Lubatud CO<sub>2</sub> taseme 1000 ppm ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperiodi vältel

Graafikult 127 ja tabelist 49 lähtub, et CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 mõõtmisperiodi ajast on CO<sub>2</sub> sisaldus lubatust kõrgem. Tabelist 50 näeme, et tundide ajal tõuseb keskmine CO<sub>2</sub> 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

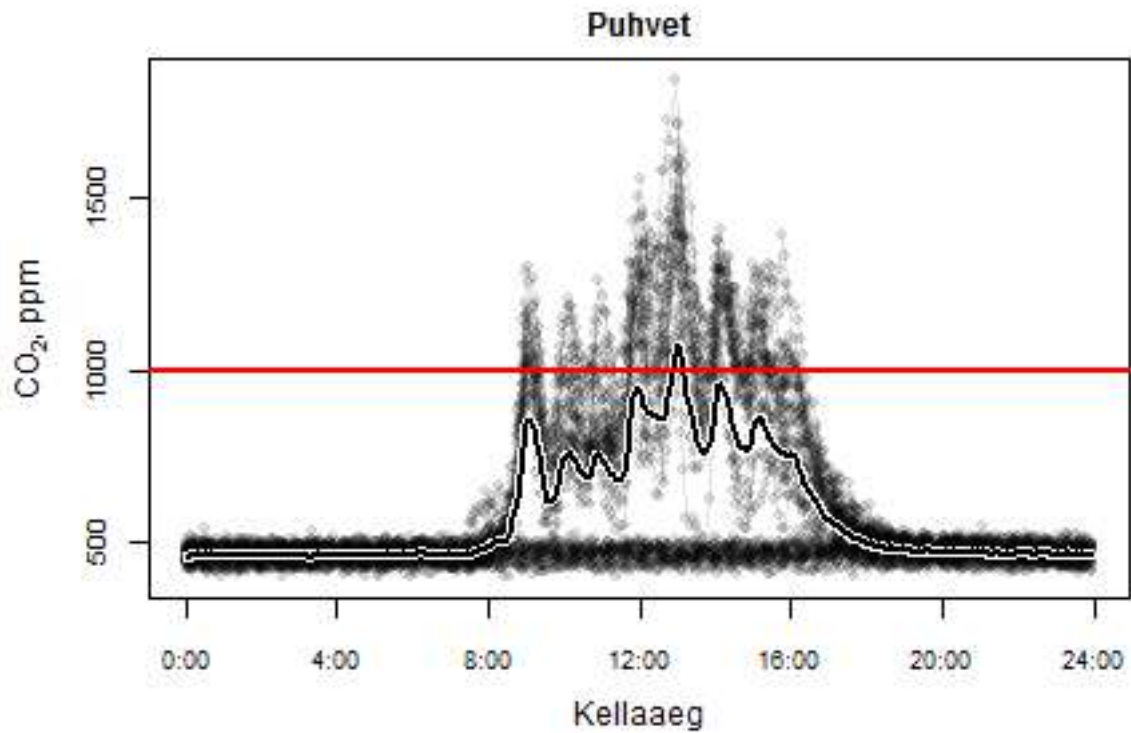
**Tabel 50.** CO<sub>2</sub>-sisalduse (ppm) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul



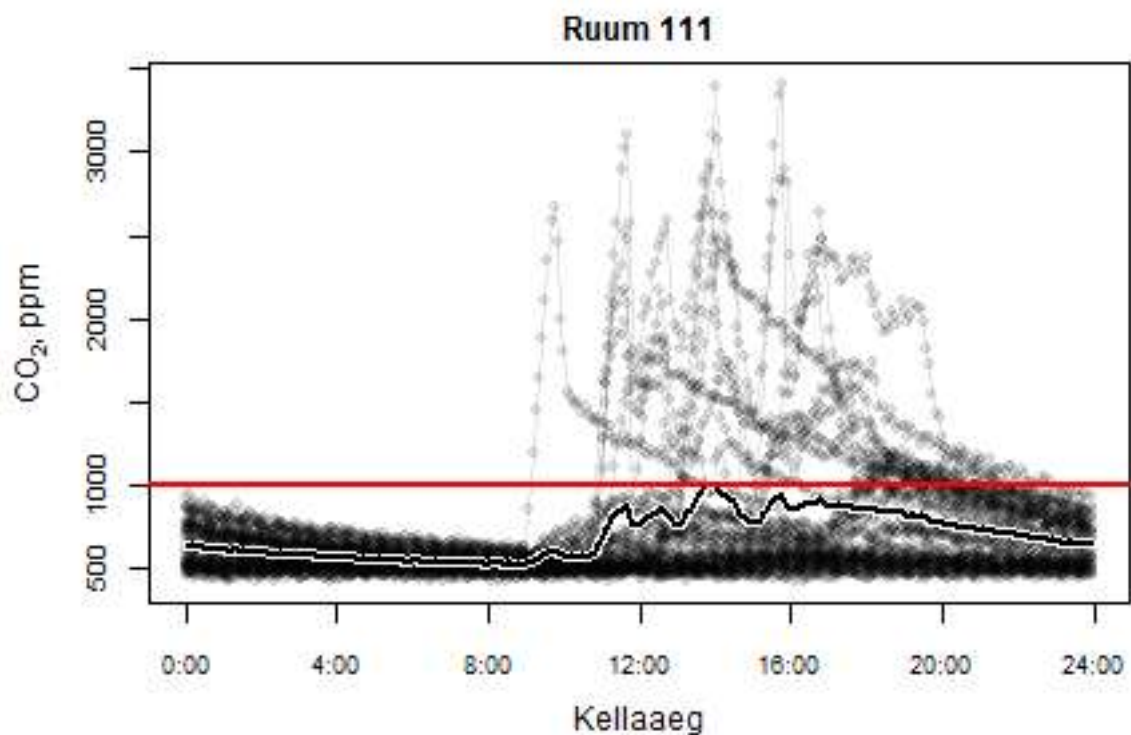
Graafik 128. CO<sub>2</sub> taseme muutus ruumis 105 ööpäeva lõikes

Analüüsimise CO<sub>2</sub> 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. CO<sub>2</sub> taseme muutus puhvetis ööpäeva lõikes

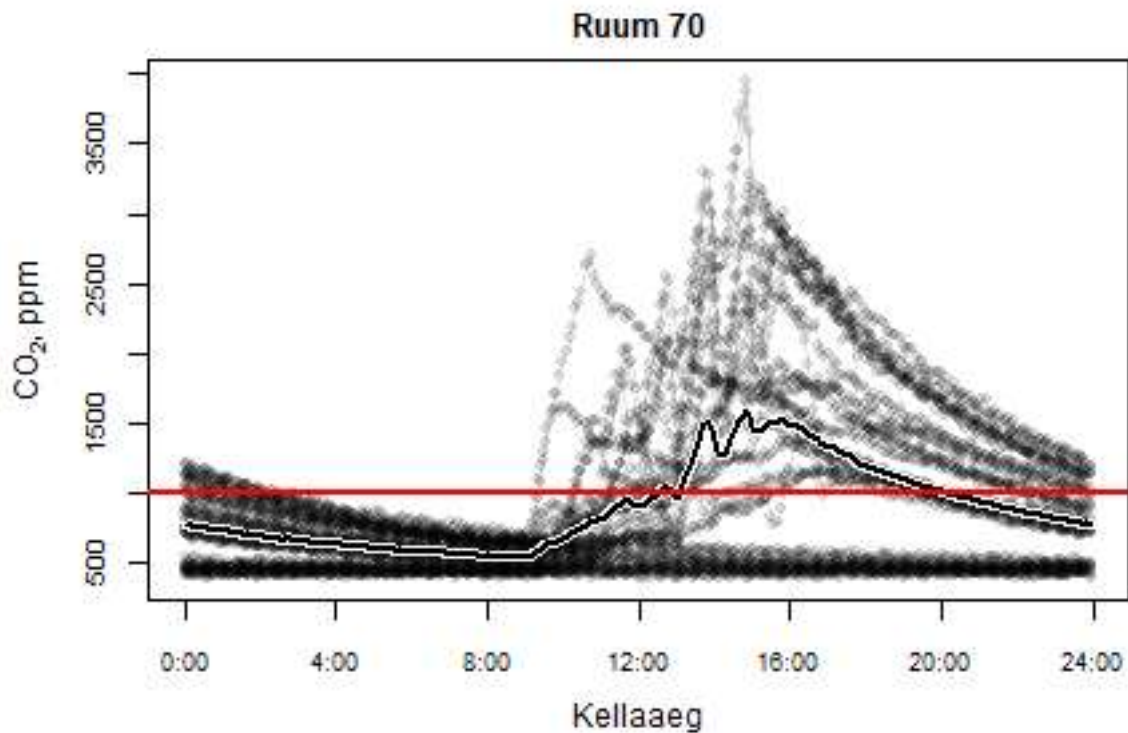


Graafik 130. CO<sub>2</sub> taseme muutus ruumis 111 ööpäeva lõikes

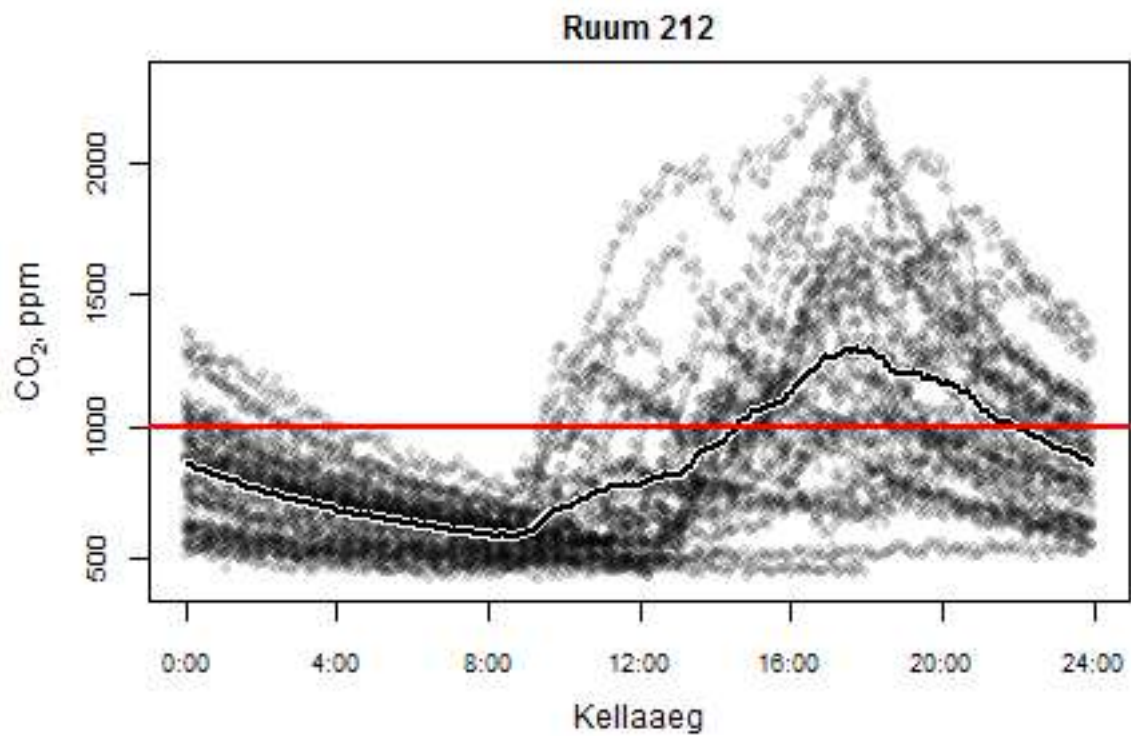
Ruumides 70, 212, 77, 84 ja 74 on ühiseks trendiks CO<sub>2</sub> tasemete juures see, et kella 10-12 vahel saavutatakse lubatust kõrgem CO<sub>2</sub> tase ning see kumuleerub (graafikud 131-135 ).



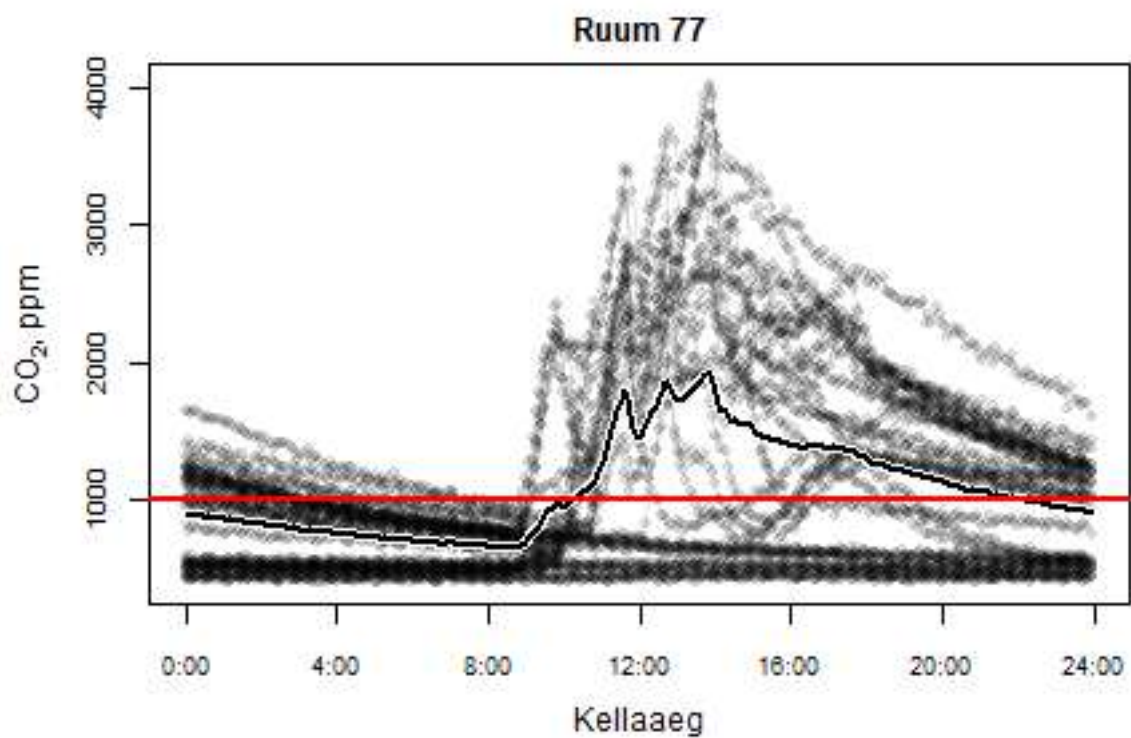
Vahetundide ajal väheneb CO<sub>2</sub> tase, kuid mitte piisavalt ning seega algab iga järgmine tund kõrgema CO<sub>2</sub> tasemega kui eelmine (graafikud 136-139). Osades ruumides (näiteks 74 ja 84) hakkasid CO<sub>2</sub> tasemed vahetunni lõpus juba tõusma, sest õpilased kogunesid ruumidesse. Oluline on ka asjaolu, et ruumides 70, 212, 77, 84 ja 74 tõuseb CO<sub>2</sub> 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).



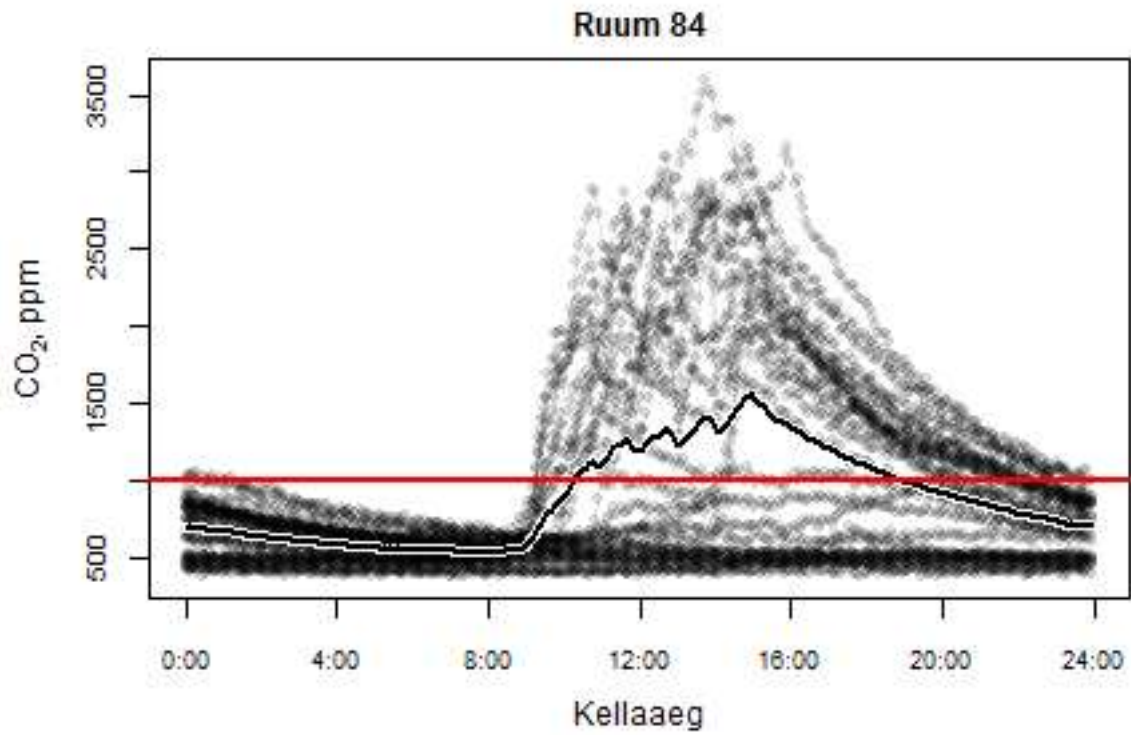
Graafik 131. CO<sub>2</sub> taseme muutus ruumis 70 ööpäeva lõikes



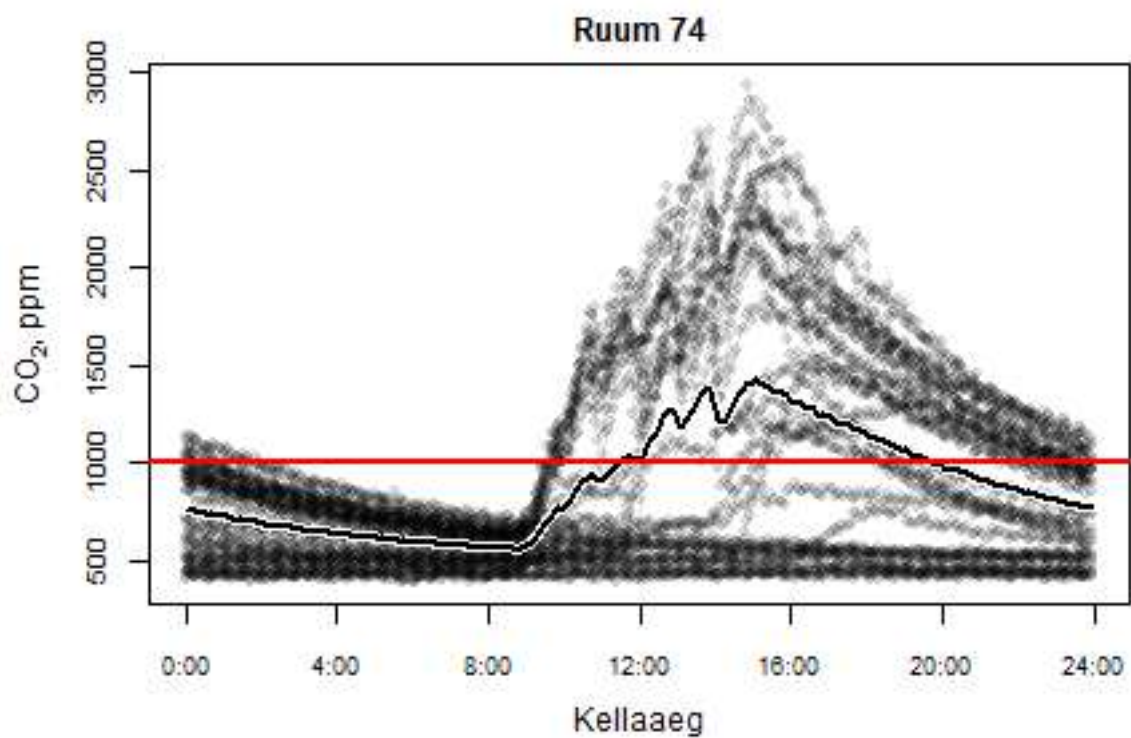
Graafik 132. CO<sub>2</sub> taseme muutus ruumis 212 ööpäeva lõikes



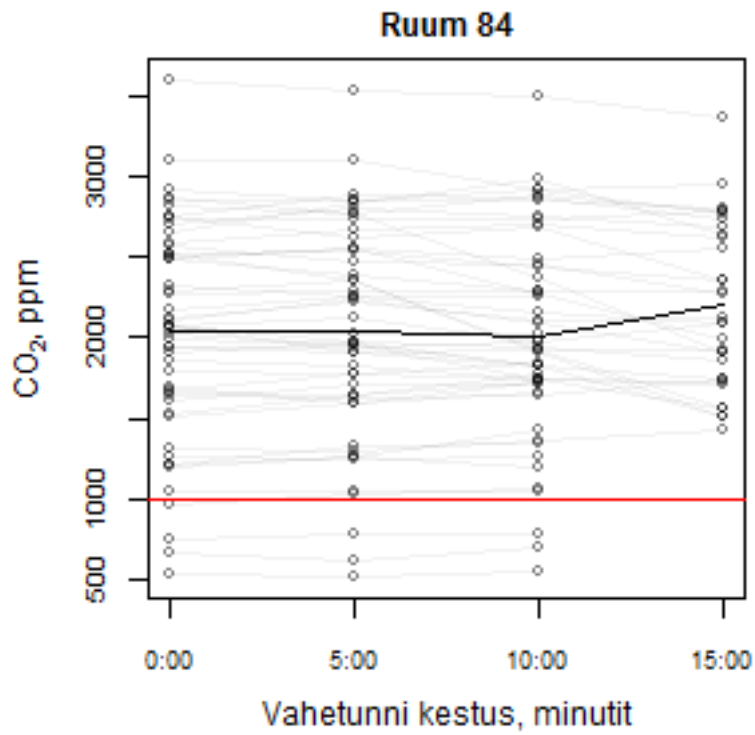
Graafik 133. CO<sub>2</sub> taseme muutus ruumis 77 ööpäeva lõikes



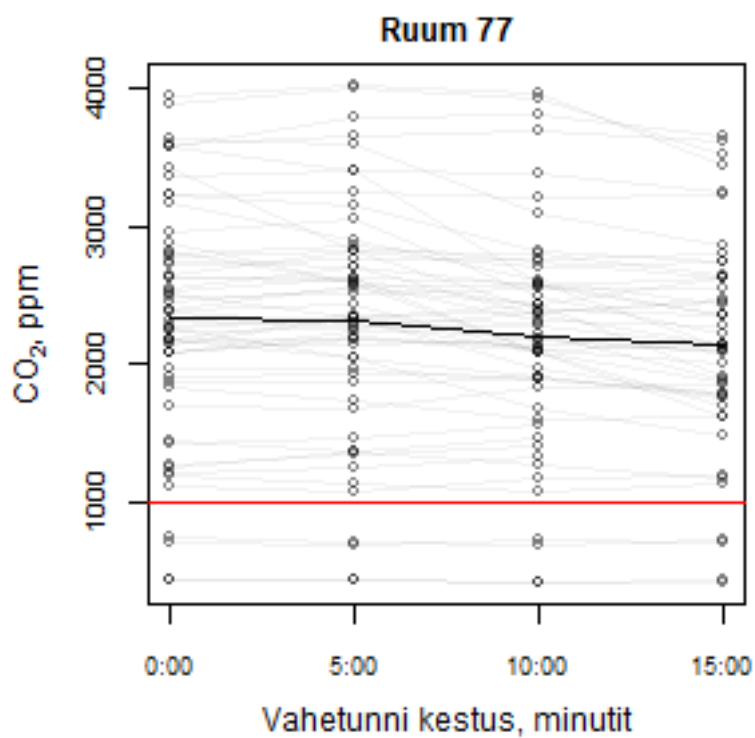
Graafik 134. CO<sub>2</sub> taseme muutus ruumis 84 ööpäeva lõikes



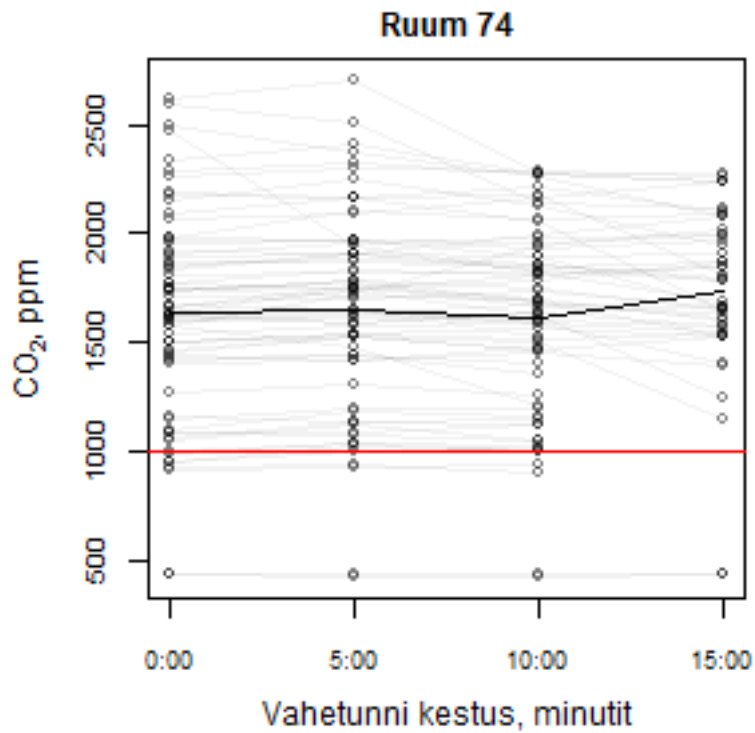
Graafik 135. CO<sub>2</sub> taseme muutus ruumis 74 ööpäeva lõikes



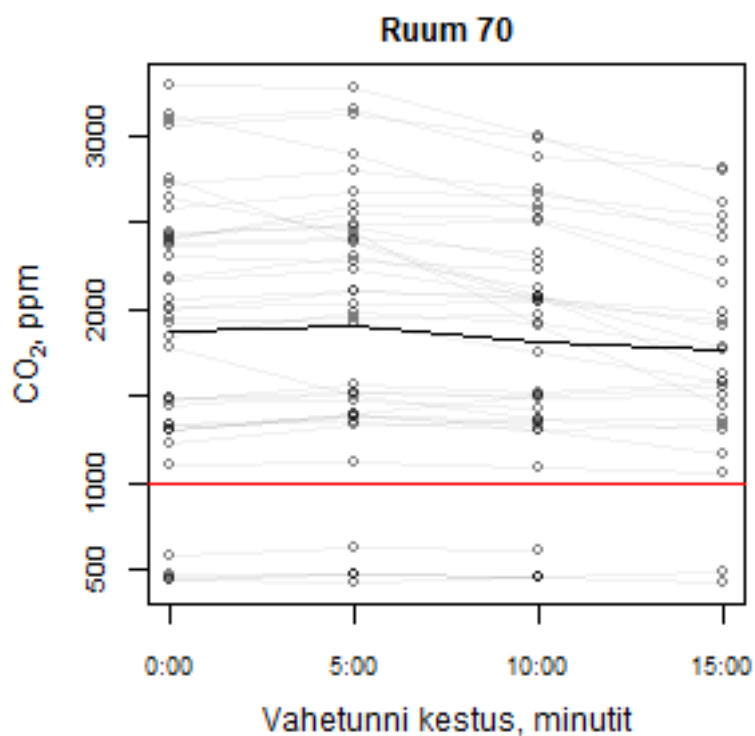
Graafik 136. CO<sub>2</sub> taseme muutus ruumis 84 vahetunni lõikes



Graafik 137. CO<sub>2</sub> taseme muutus ruumis 77 vahetunni lõikes



Graafik 138. CO<sub>2</sub> taseme muutus ruumis 74 vahetunni lõikes

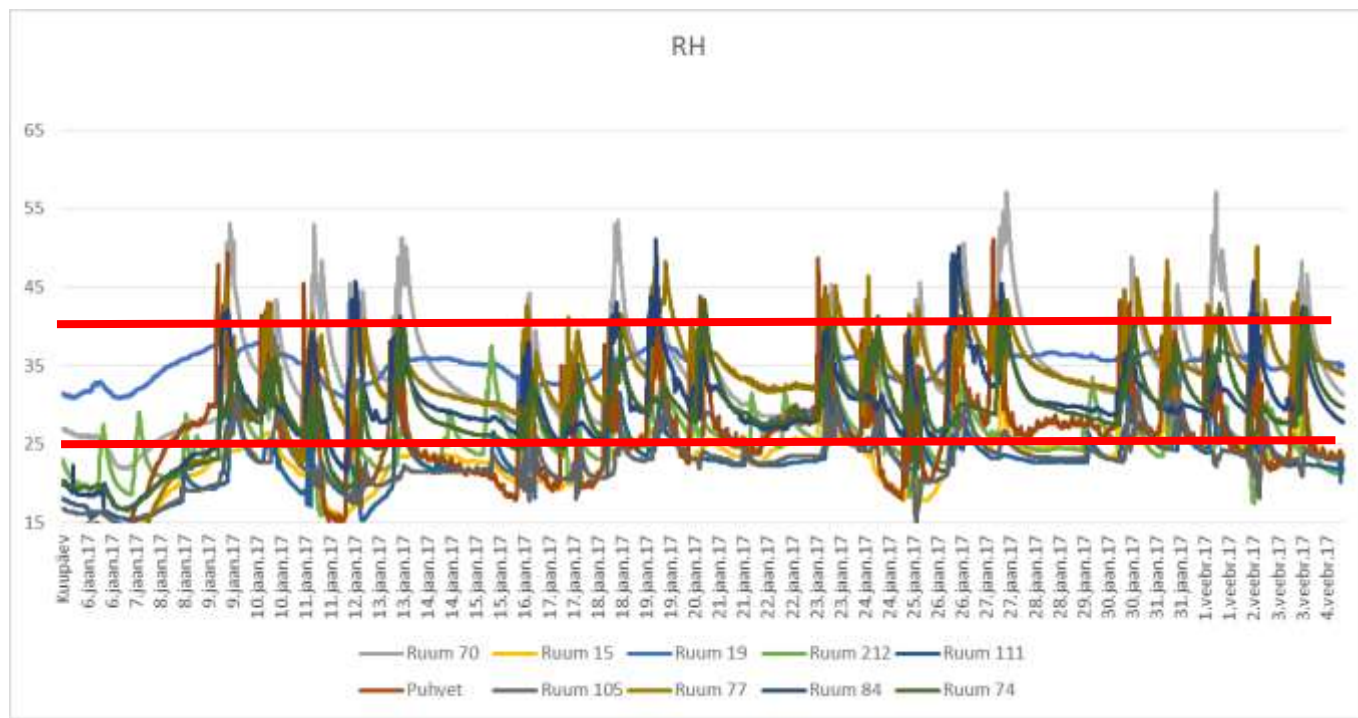


Graafik 139. CO<sub>2</sub> taseme muutus ruumis 70 vahetunni lõikes

Kokkuvõtteks võib väita, et CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> anduritega ventilatsioonisüsteemid, mille puhul ruumide õhuvahetuse hulk sõltub CO<sub>2</sub> 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
<b>KOKKU</b>	9169	9179	9168	9169	9168	9169	9180	9168	9169	9168	<b>82538</b>
<b>alla 40 %</b>	7759	9179	9166	9169	9166	9013	9180	8332	8784	9039	<b>81028</b>
<b>alla 25 %</b>	353	6831	170	4566	7366	3976	7671	1118	1289	1663	<b>34650</b>
<b>alla 40 %</b>	84,6%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	98,3%	100,0%	90,9%	95,8%	98,6%	<b>98,2%</b>
<b>alla 25 %</b>	3,8%	74,4%	1,9%	49,8%	80,3%	43,4%	83,6%	12,2%	14,1%	18,1%	<b>42,0%</b>

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-vebruaris 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.

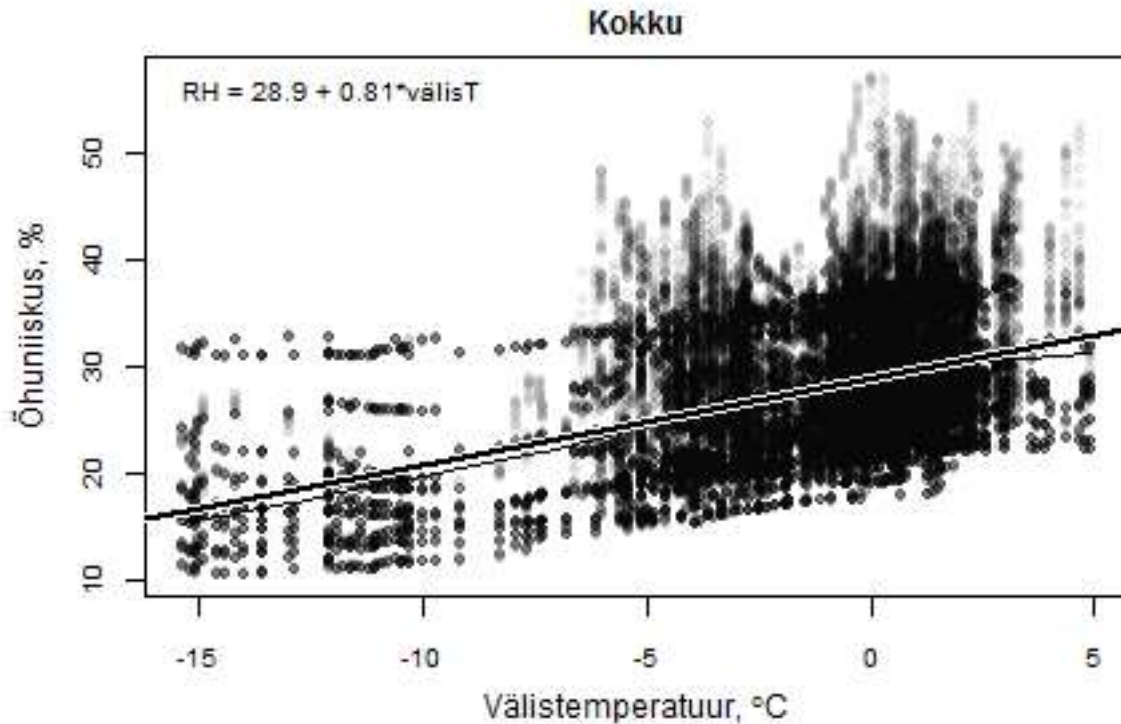
Ruum	Keskmine	Standard-hälve	Mediaan	Miinumum	Maksimum	Muutus minutis
Ruum 70	39,07	6,92	38,65	25,6	57,1	0,124
Ruum 15	25,56	6,59	26,7	13,8	35,9	0,026
Ruum 19	34,51	2,65	35	19,5	39,4	0,001
Ruum 212	26,05	3,96	26,2	15,8	36,8	0,007
Ruum 111	30,10	4,45	30,6	20,1	40,3	0,072
Ruum 105	23,28	3,07	22,6	16,3	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°C välisõhu temperatuuri muutust toob kaasa 0,81% siseõhu suhtelise niiskuse muutust. Graafikult 141 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	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 välisest temperatuurist ning muutub väga vähe õppetöö tunni vältel. Lähtuvalt lineaarsest regressioonivõrrandist langeb ruumiõhu suhteline niiskus välisõhu temperatuuri  $-20^{\circ}\text{C}$  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 hallituste 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  $20^{\circ}\text{C}$  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

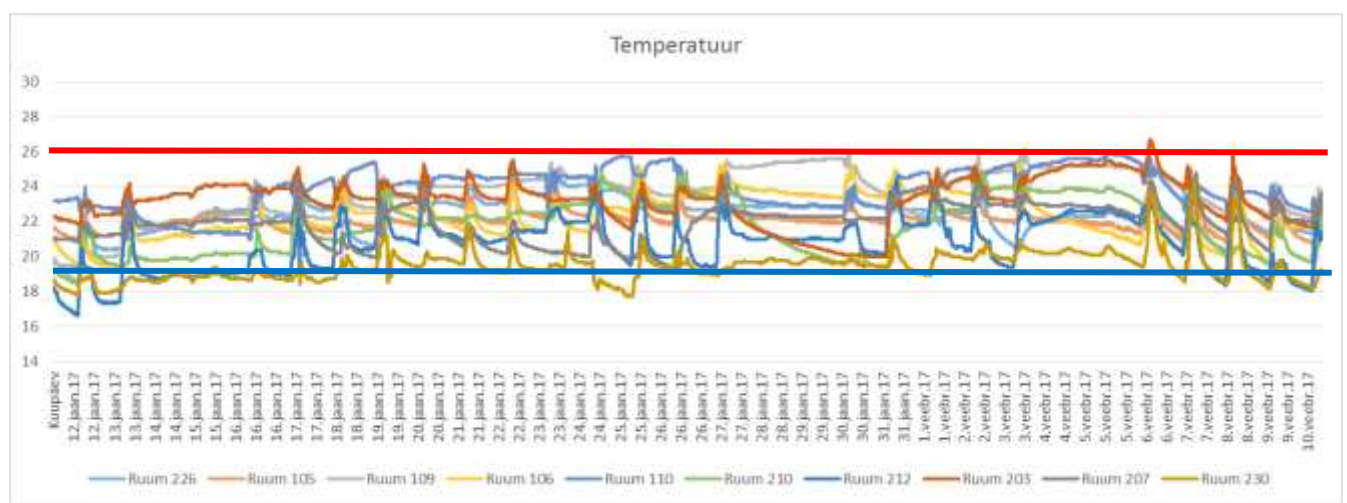
Mõõdistusseadmed: Delta OHM HD35, mõõtmisintervall 5 minutit

Mõõdistuse eripärad:

- Mõõdistused toimusid ajavahemikul kui välistemperatuur oli enamust ajast miinusgraadides. 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  $19^{\circ}\text{C}$  ja maksimaalne lubatud  $26^{\circ}\text{C}$



Graafik 142. Temperatuuride muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

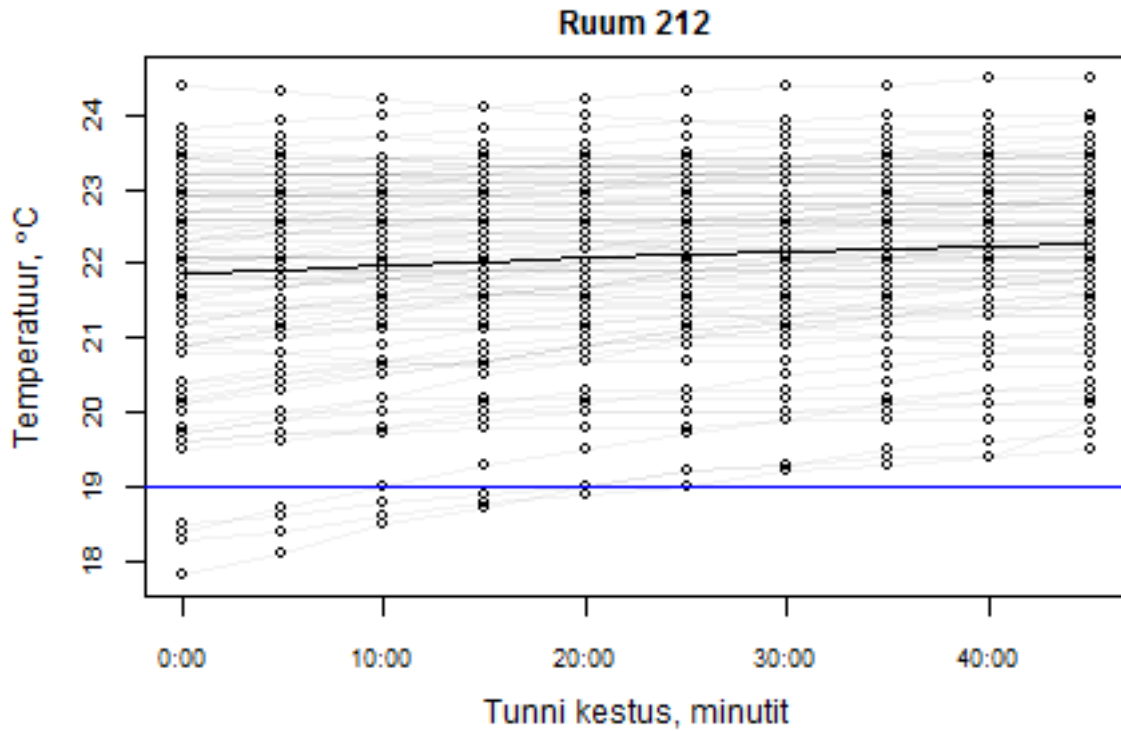
.	Ruum 226	Ruum 105	Ruum 109	Ruum 106	Ruum 110	Ruum 210	Ruum 212	Ruum 203	Ruum 207	Ruum 230	KOKKU
<b>KOKKU</b>	8593	8592	8592	8592	8592	8593	8592	8593	8593	8592	<b>85924</b>
<b>Üle 26 °C</b>	0	0	3	0	0	0	0	41	0	0	<b>44</b>
<b>alla 19 °C</b>	0	0	77	0	3	142	1116	0	0	2599	<b>3937</b>
<b>Üle 26 °C</b>	0,0%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

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

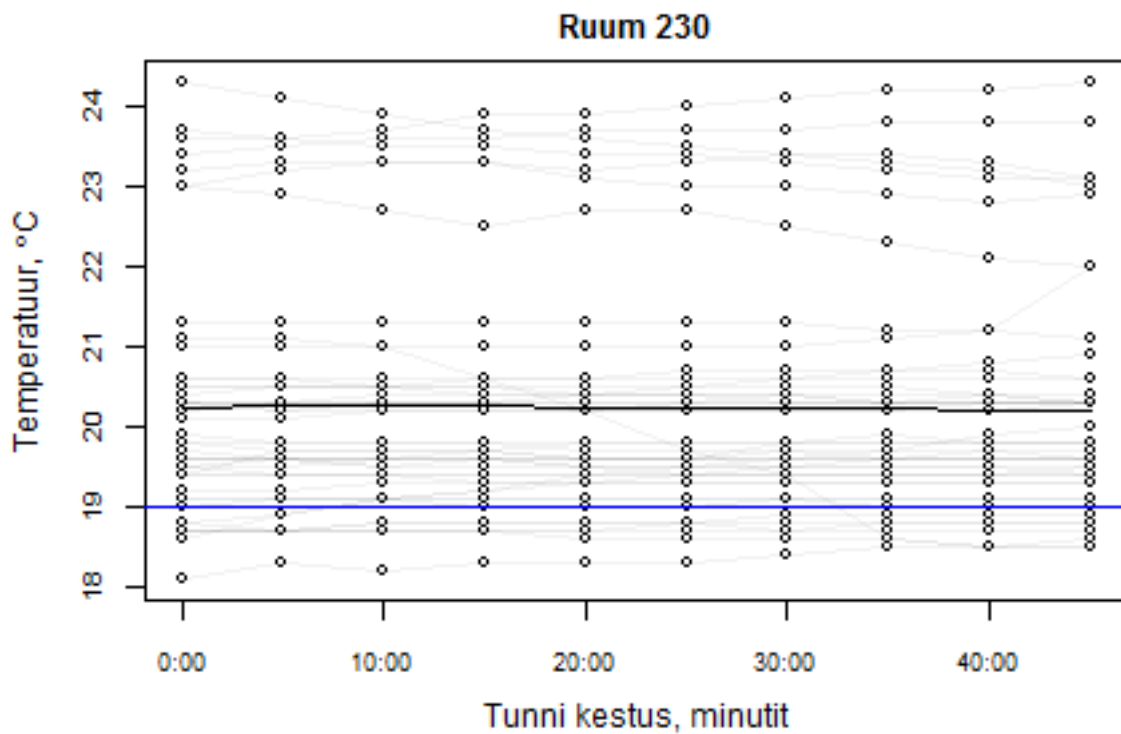
Graafikult 142 ja tabelist 54 lähtub, on suurimat lubatud temperatuuri 26°C ületatud vaid üksikutel kordadel, mis ei vääri tähelepanu. Alla minimaalse lubatud temperatuuri 19°C aga on olnud temperatuur viies erinevas ruumis, nendest kolmes lühiajaliselt ja kahes ruumis pikaajaliselt. Need kaks ruumi 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



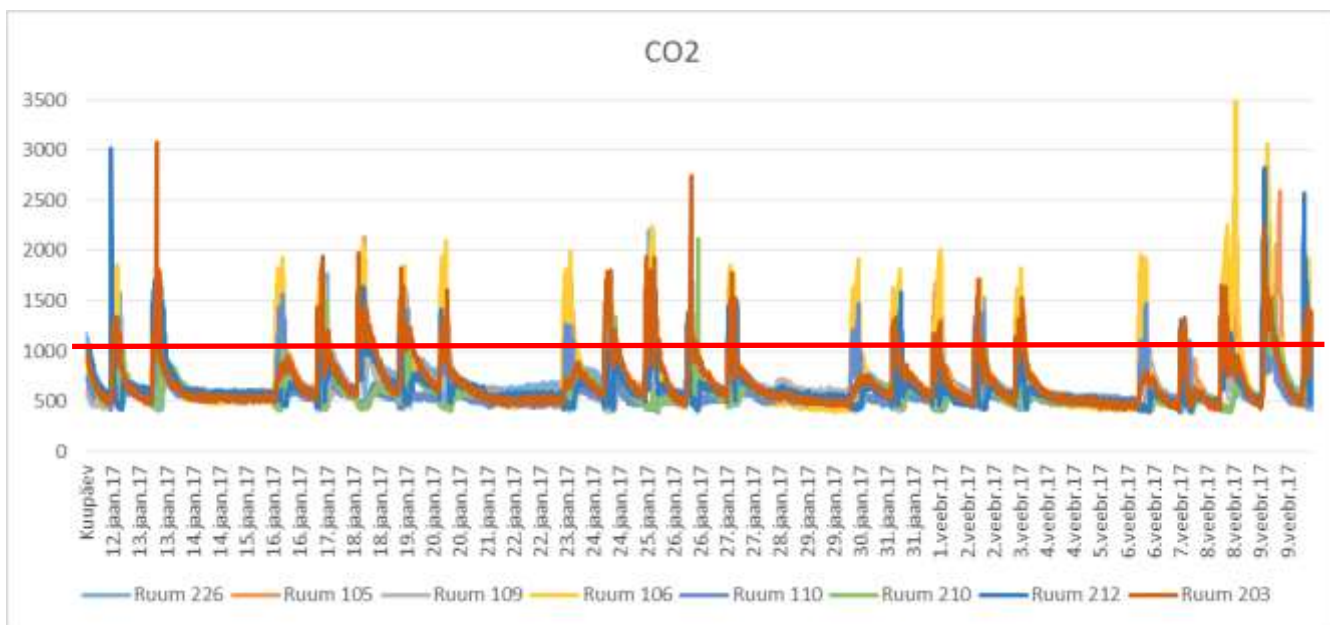
Graafik 143. Ruumi 212 temperatuuri muutus õppetöö tunni lõikes



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 CO<sub>2</sub> sisaldus ruumiõhus.



Graafik 145. Ruumiõhu CO<sub>2</sub> 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
<b>KOKKU</b>	8593	8592	8592	8592	8592	8593	8592	8593	8593	8592	<b>85924</b>
<b>Üle 1000 ppm</b>	605	1227	567	1292	552	369	720	1063	2030	1768	<b>9588</b>
<b>Üle 1000 ppm</b>	7,0%	14,3%	6,6%	15,0%	6,4%	4,3%	8,4%	12,4%	23,6%	20,6%	<b>11,2%</b>

Tabel 56. Lubatud CO<sub>2</sub> taseme 1000 ppm ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 145 ja tabelist 56 lähtub, et CO<sub>2</sub> sisaldus ületab kõikides ruumides mingi ajaperioodi vältel lubatu piiri. Lubatud normi ületamise protsent on vahemikus 4,3-23,6% kogu mõõtmisperioodi ajast on CO<sub>2</sub> sisaldus lubatust kõrgem. Tabelist 57 näeme, et tundide ajal tõuseb keskmine CO<sub>2</sub> tase peaaegu kõikides klassides üle lubatud piiri. Kõige kriitilisemad ruumid on 105, 106, 203, 207 ja 230, kus keskmine CO<sub>2</sub> tase õppetöö tunni ajal on üle lubatud piiri. Graafikutel 146-149 on näha, et tunni algusest kuni tunni lõpuni tõuseb CO<sub>2</sub> tase oluliselt. Kindlasti on tingitud see õppetunni pikkusest ja suurest laste arvust klassis. Graafikutel 150-153 on näha, et vahetundide ajal CO<sub>2</sub> tase langeb, kuid mitte alla kriitilise piiri. Tabelist 58 on näha, et kõige kiirem CO<sub>2</sub> taseme langus on vahetunnil ruumides 230, 207 ja 203.

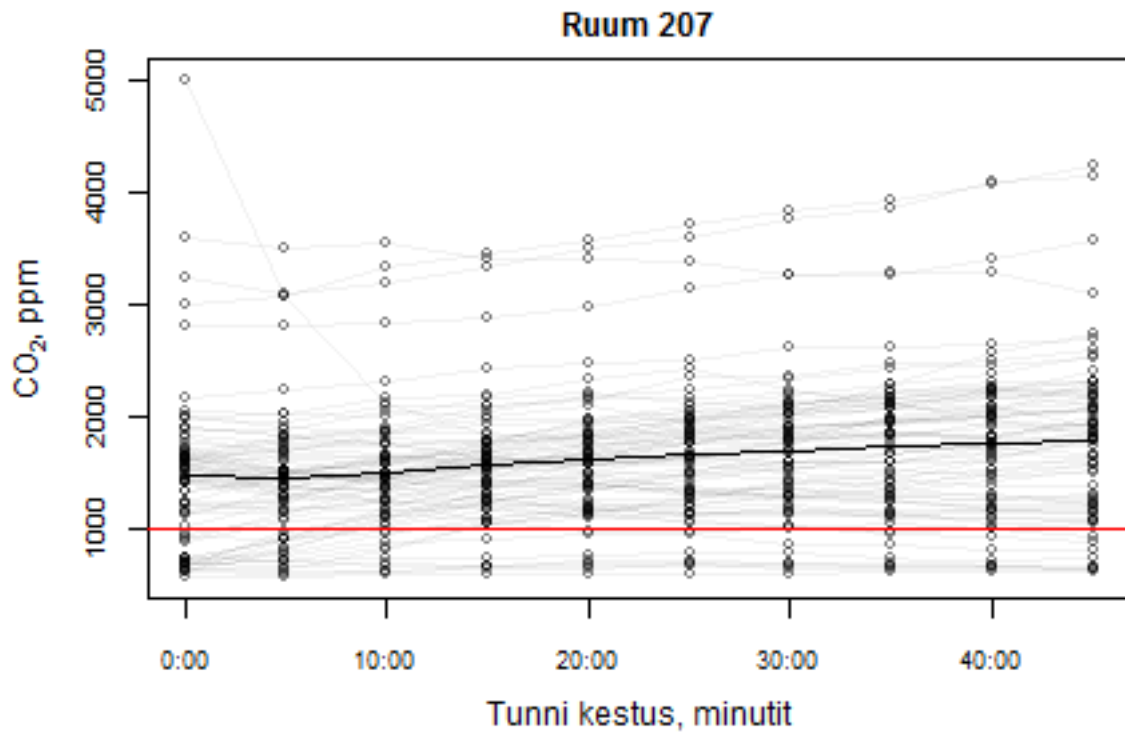
Ruum	Keskmine	Standard-hälve	Mediaan	Miinumum	Maksimum	Muutus minutis
Ruum 226	919,2	387,4	884	407	2821	2,20
Ruum 105	1266,8	269,1	1277,5	575	1892	5,11
Ruum 109	955,0	230,8	991	427	1575	5,13
Ruum 106	1459,4	377,6	1507	566	3058	10,25
Ruum 110	953,8	276,5	984,5	409	1903	6,70

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

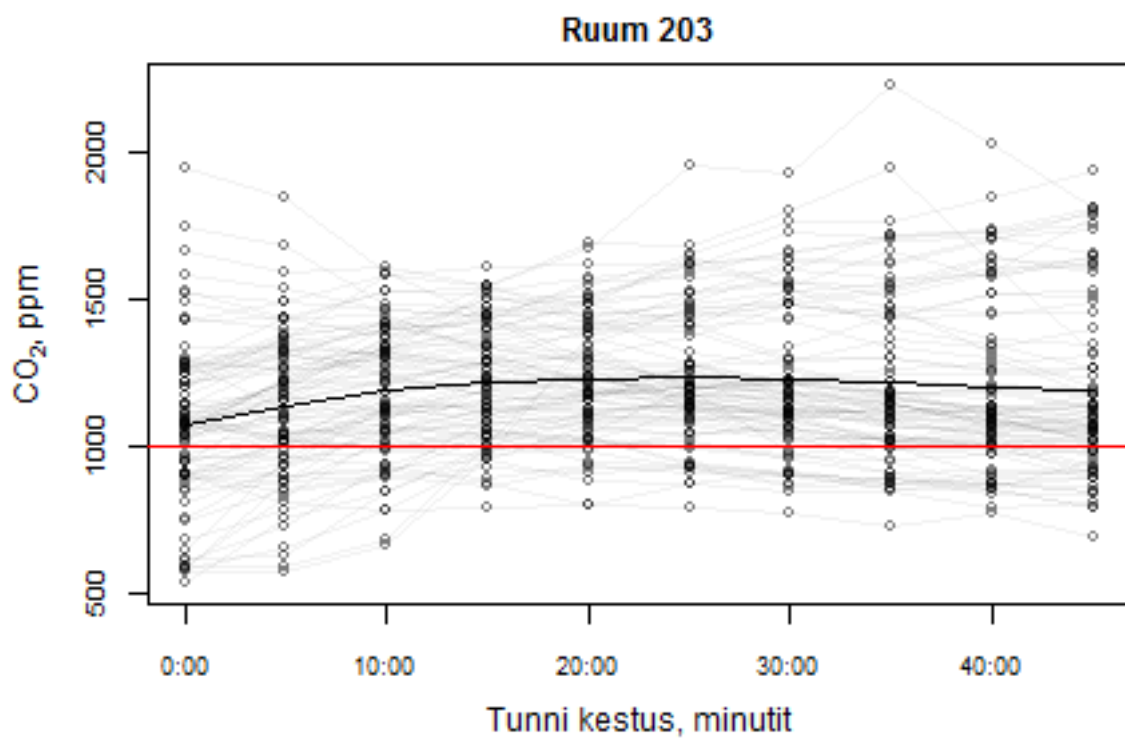
**Tabel 57.** CO<sub>2</sub>-sisalduse (ppm) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul

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

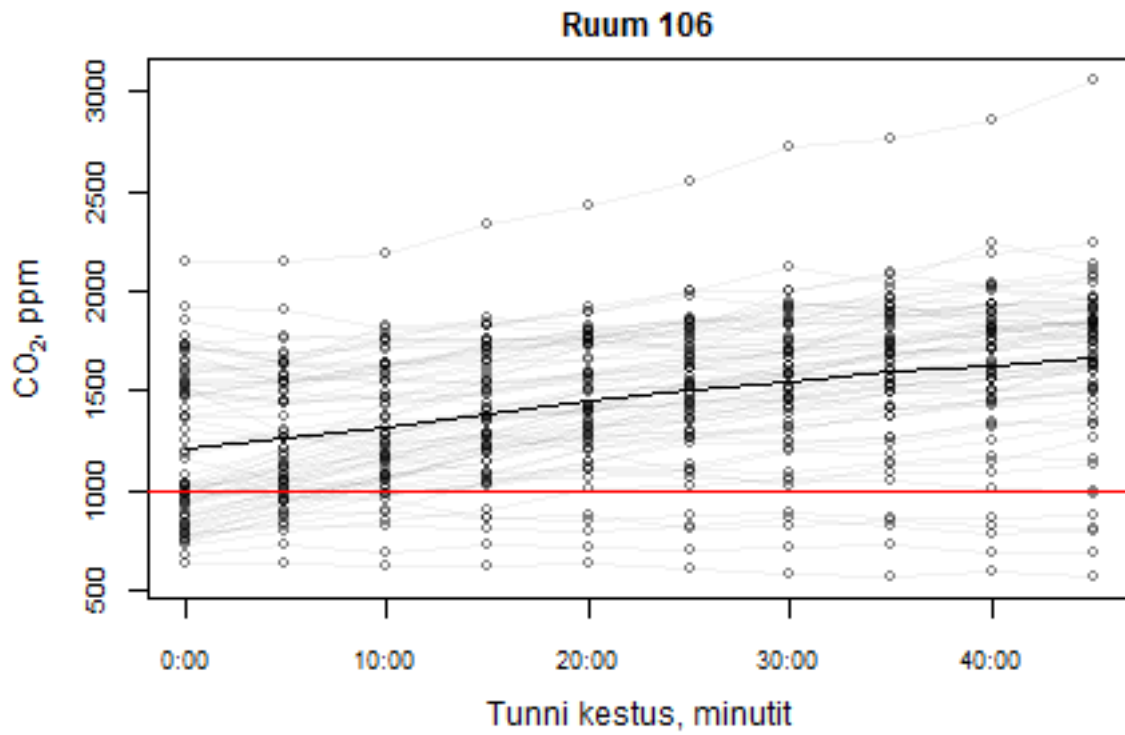
**Tabel 58.** CO<sub>2</sub>-sisalduse (ppm) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste vahetundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul vahetunni esimese 10 minuti kestel



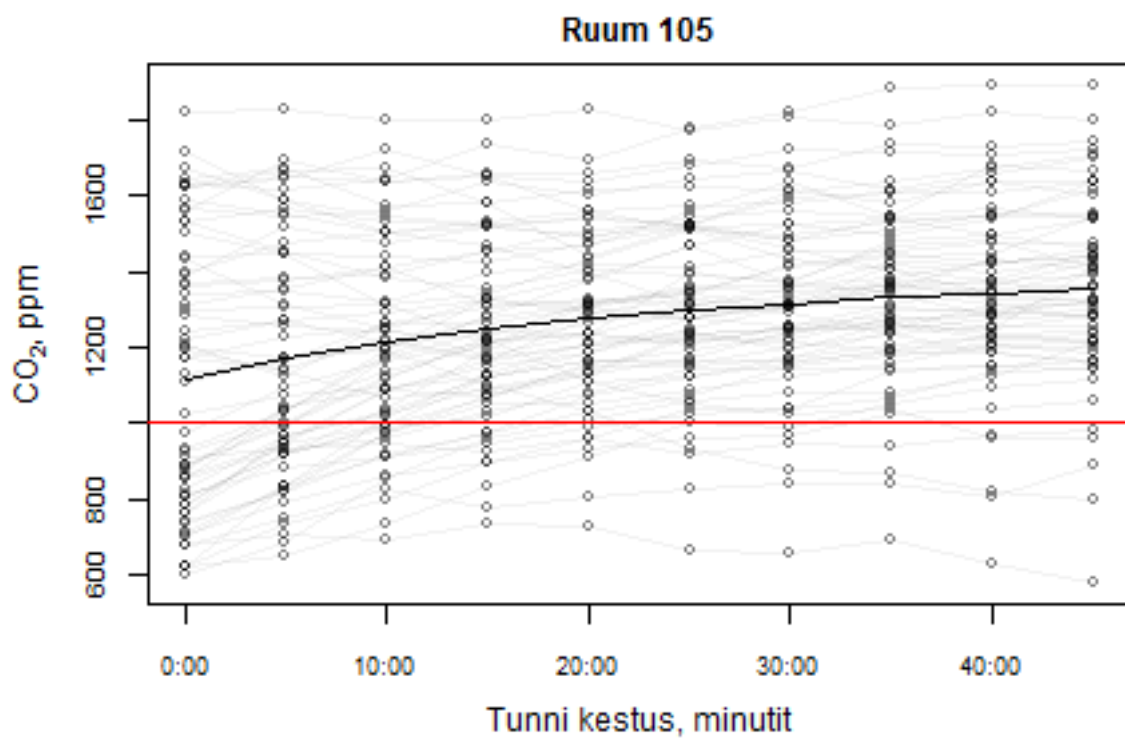
Graafik 146. Ruumi 207 õhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus õppetöö tunni lõikes



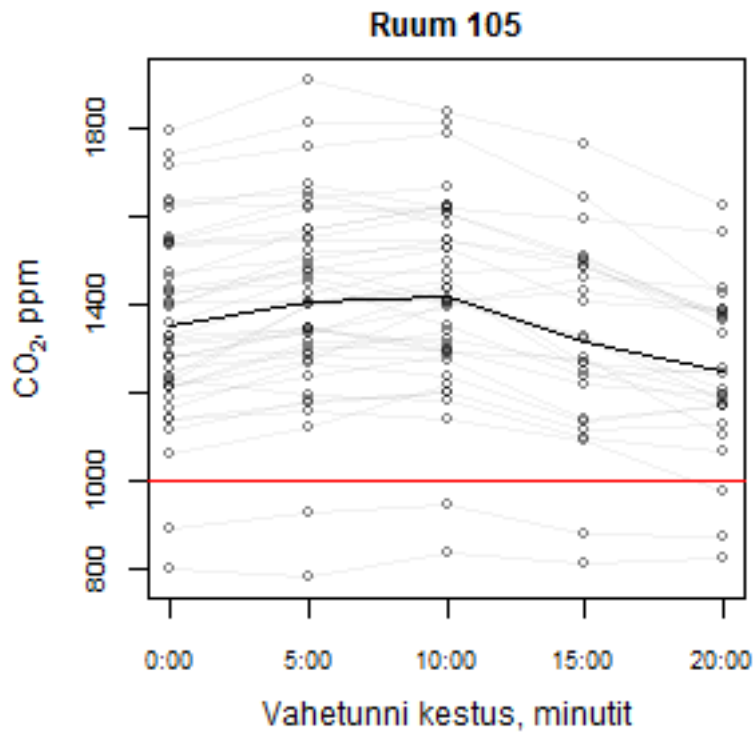
Graafik 147. Ruumi 203 õhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus õppetöö tunni lõikes



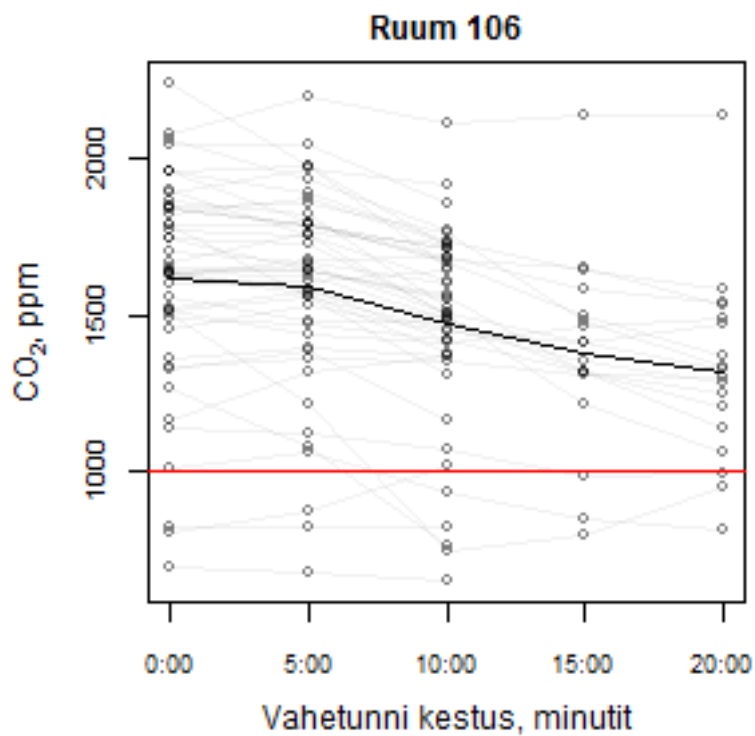
Graafik 148. Ruumi 106 õhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus õppetöö tunni lõikes



Graafik 149. Ruumi 105 õhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus vahetunni lõikes

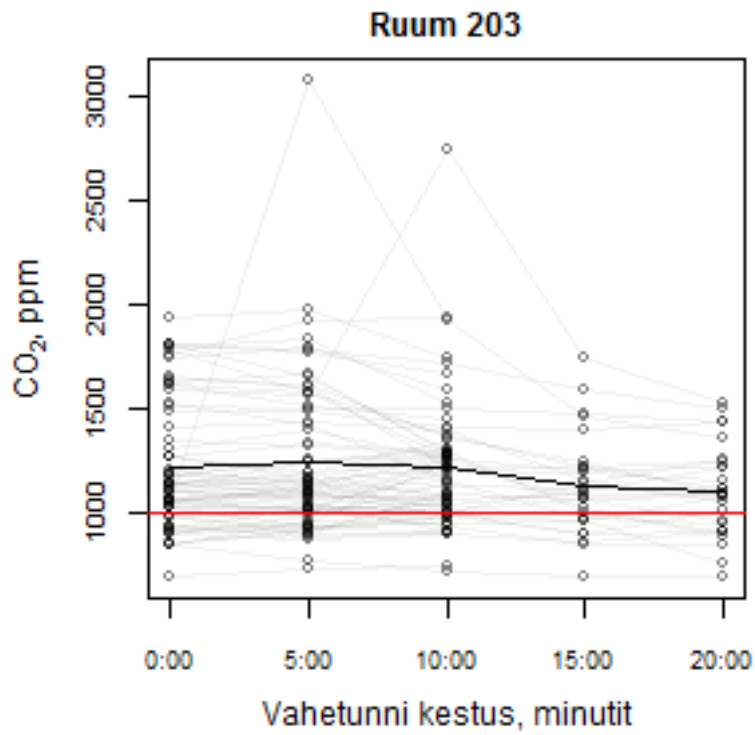


Graafik 150. Ruumi 105 õhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus vahetunni lõikes

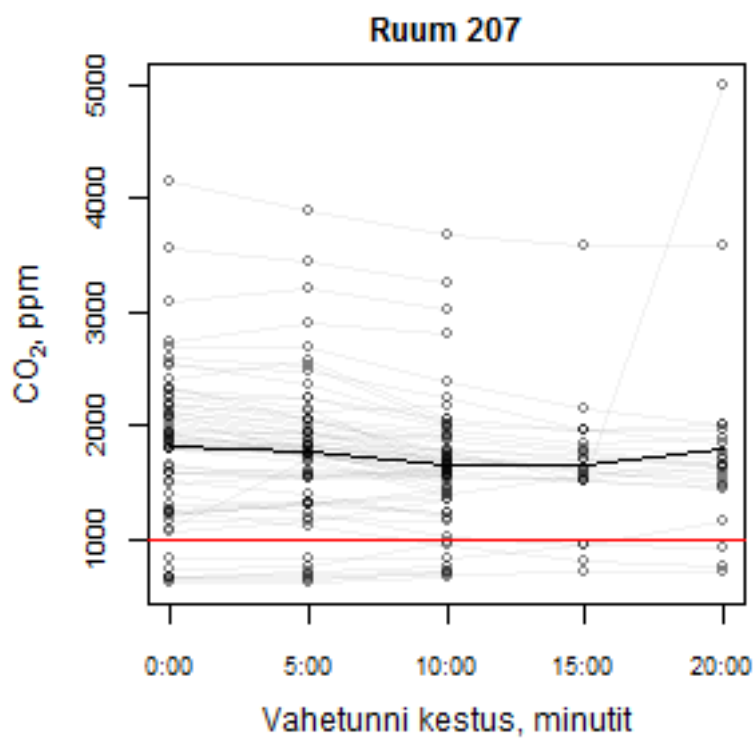


Graafik 151. Ruumi 106 õhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus vahetunni lõikes



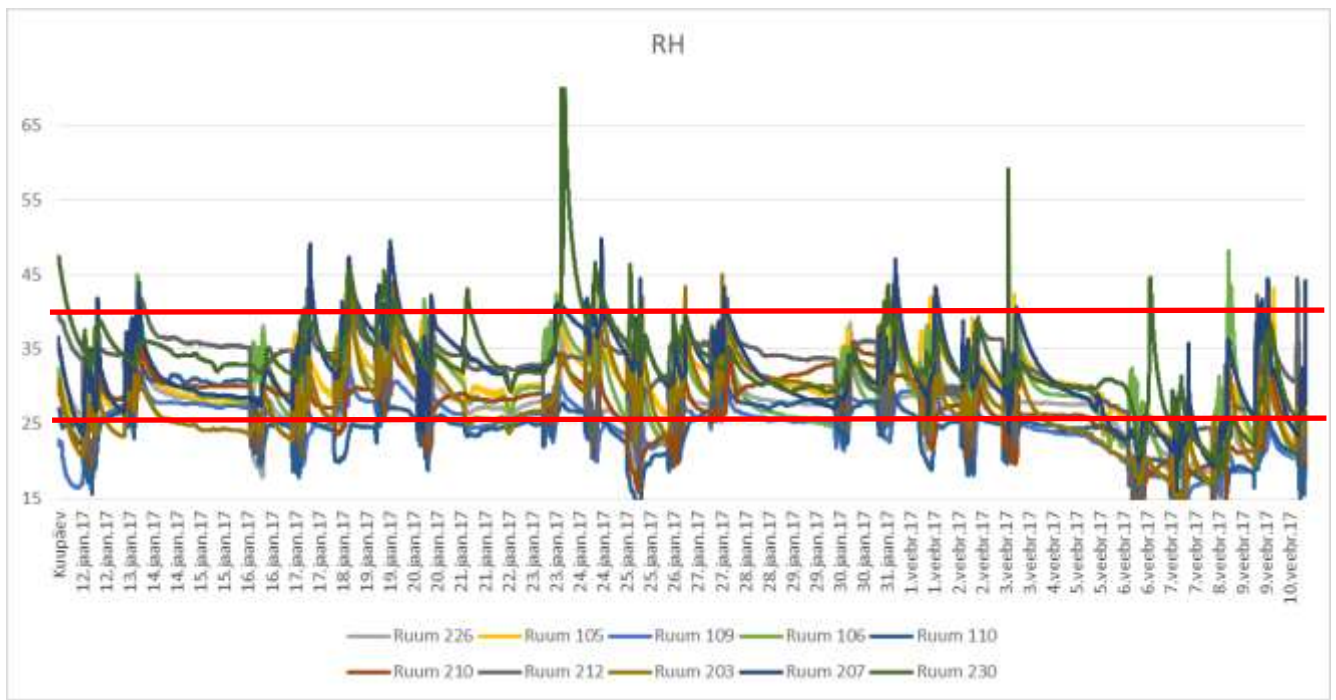


Graafik 152. Ruumi 203 õhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus vahetunni lõikes



Graafik 153. Ruumi 207 õhu CO<sub>2</sub> 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
<b>KOKKU</b>	8593	8592	8592	8592	8592	8593	8592	8593	8593	8592	<b>77331</b>
<b>alla 40 %</b>	8569	8534	8592	8476	8592	8593	8436	8508	8094	7939	<b>75764</b>
<b>alla 25 %</b>	2146	704	3760	1154	4125	2282	1126	2553	774	545	<b>17023</b>
<b>alla 40 %</b>	99,7%	99,3%	100,0%	98,6%	100,0%	100,0%	98,2%	99,0%	94,2%	92,4%	<b>98,0%</b>
<b>alla 25 %</b>	25,0%	8,2%	43,8%	13,4%	48,0%	26,6%	13,1%	29,7%	9,0%	6,3%	<b>22,0%</b>

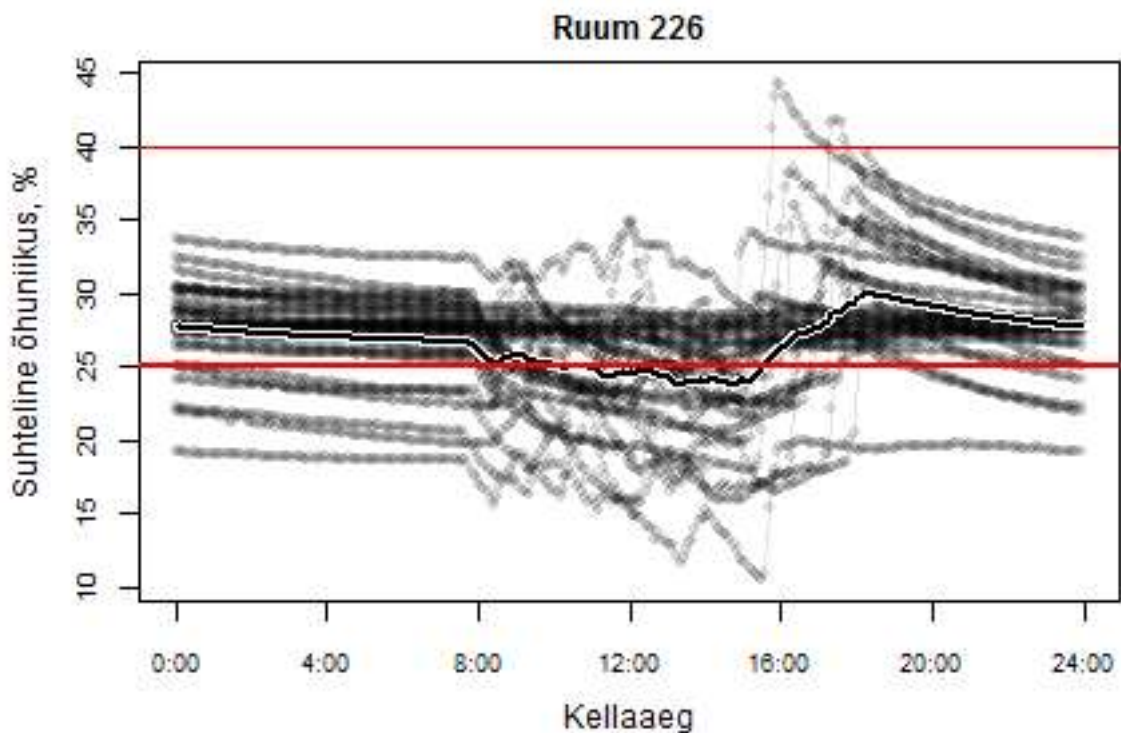
Tabel 59. Mõõtmiste arv allapoole lubatud õhu suhtelise niiskuse tasemeid koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

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.

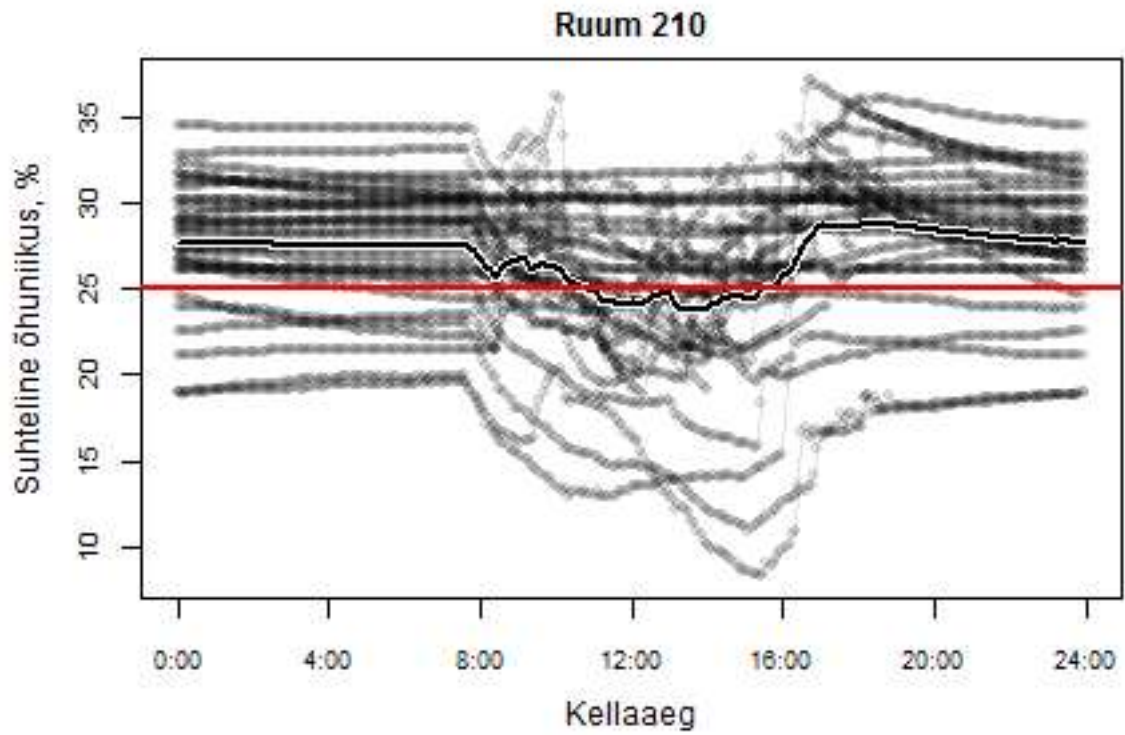
Ruum	Keskmine	Standard-hälve	Mediaan	Miinumum	Maksimum	Muutus minutis
Ruum 226	23,92	4,47	24,3	11,5	34,9	0,006
Ruum 105	32,46	4,33	33,7	20,6	38,9	0,016
Ruum 109	24,47	3,88	24,7	13	33,3	0,018
Ruum 210	32,28	4,03	32,9	18,8	41,7	0,058

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

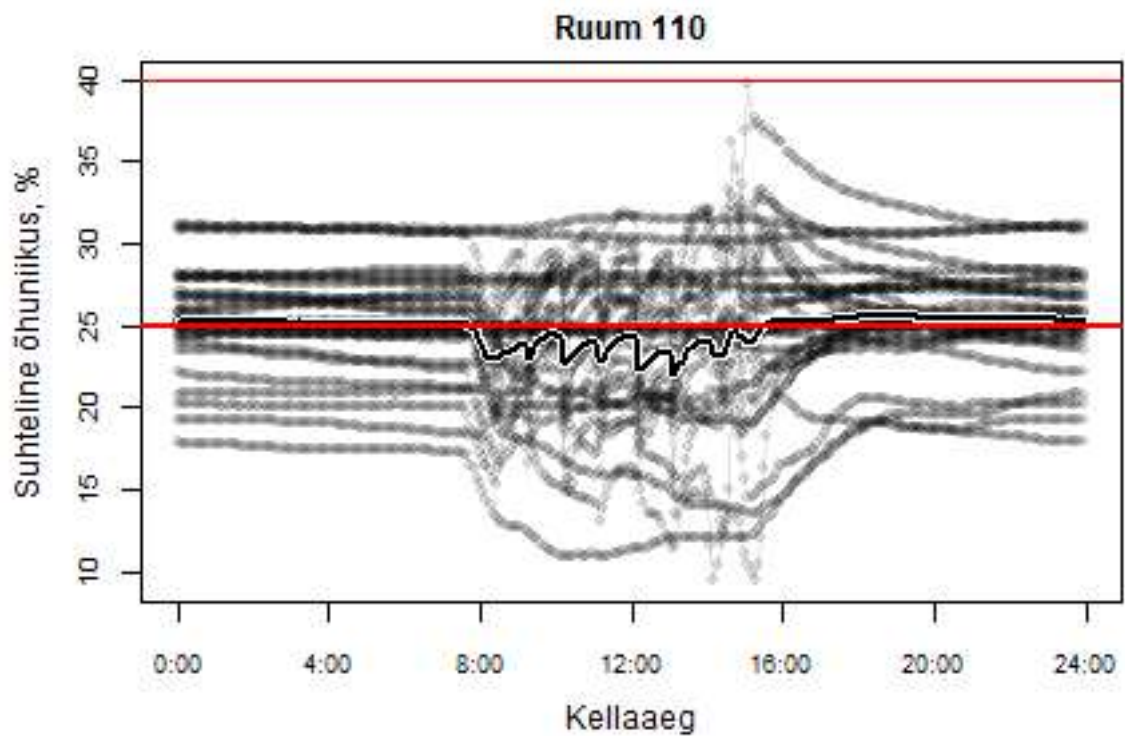
**Tabel 60.** Suhtelise õhuniiskuse (%) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul



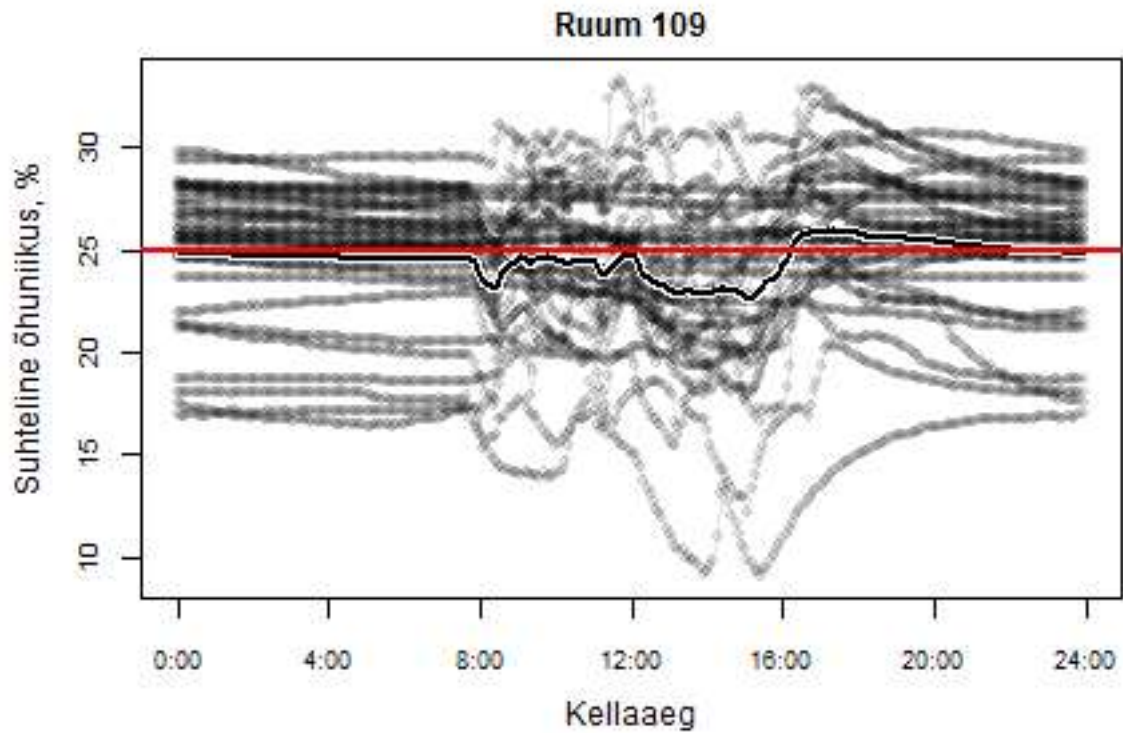
Graafik 155. Ruumi 226 suhtelise õhuniiskuse muutus ööpäeva lõikes



Graafik 156. Ruumi 210 suhtelise õhuniiskuse muutus ööpäeva lõikes

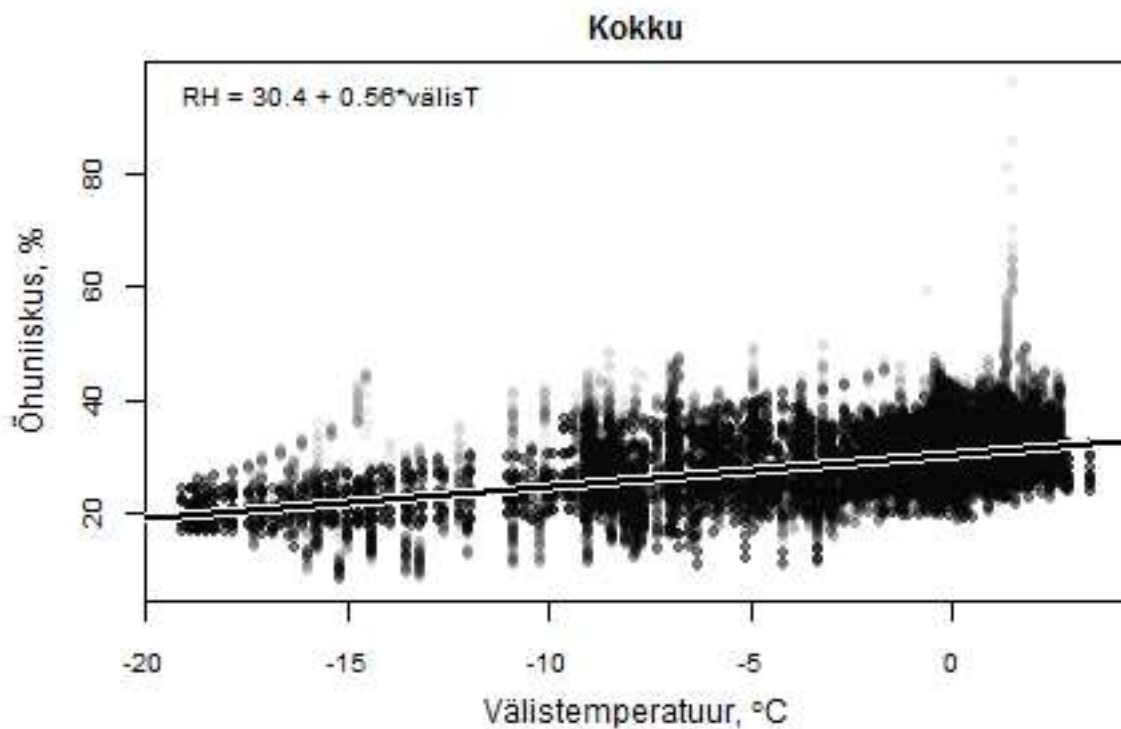


Graafik 157. Ruumi 110 suhtelise õhuniiskuse muutus ööpäeva lõikes



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  $1^\circ\text{C}$  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  $-20^{\circ}\text{C}$  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

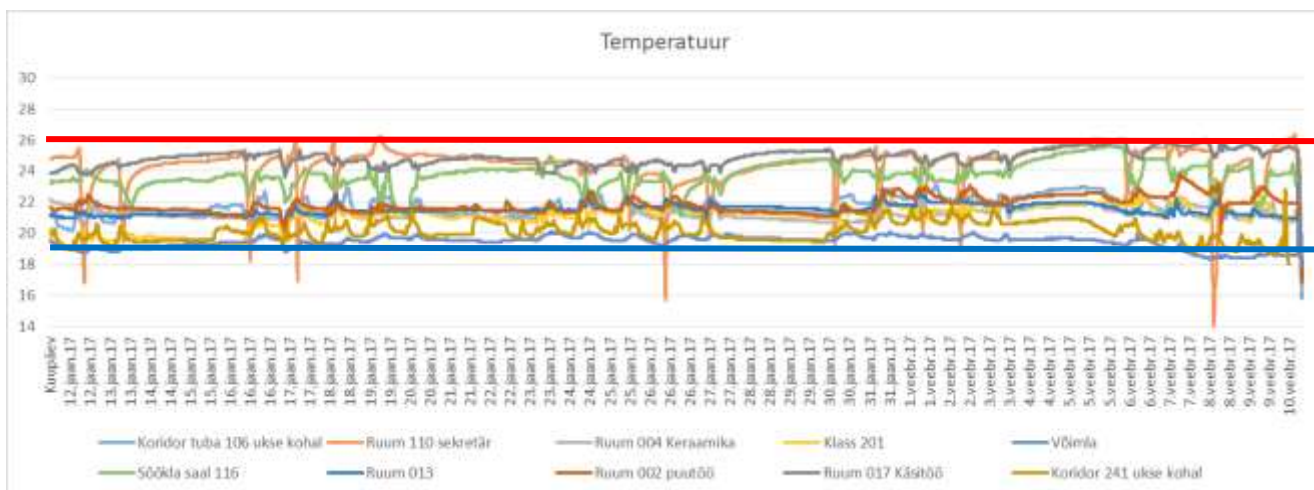
Mõõdistusseadmed: Delta OHM HD35, mõõtmisintervall 5 minutit

Mõõdistuse eripärad:

- Mõõdistused toimusid ajavahemikul kui välistemperatuur oli enamust ajast 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  $19^{\circ}\text{C}$  ja maksimaalne lubatud  $26^{\circ}\text{C}$

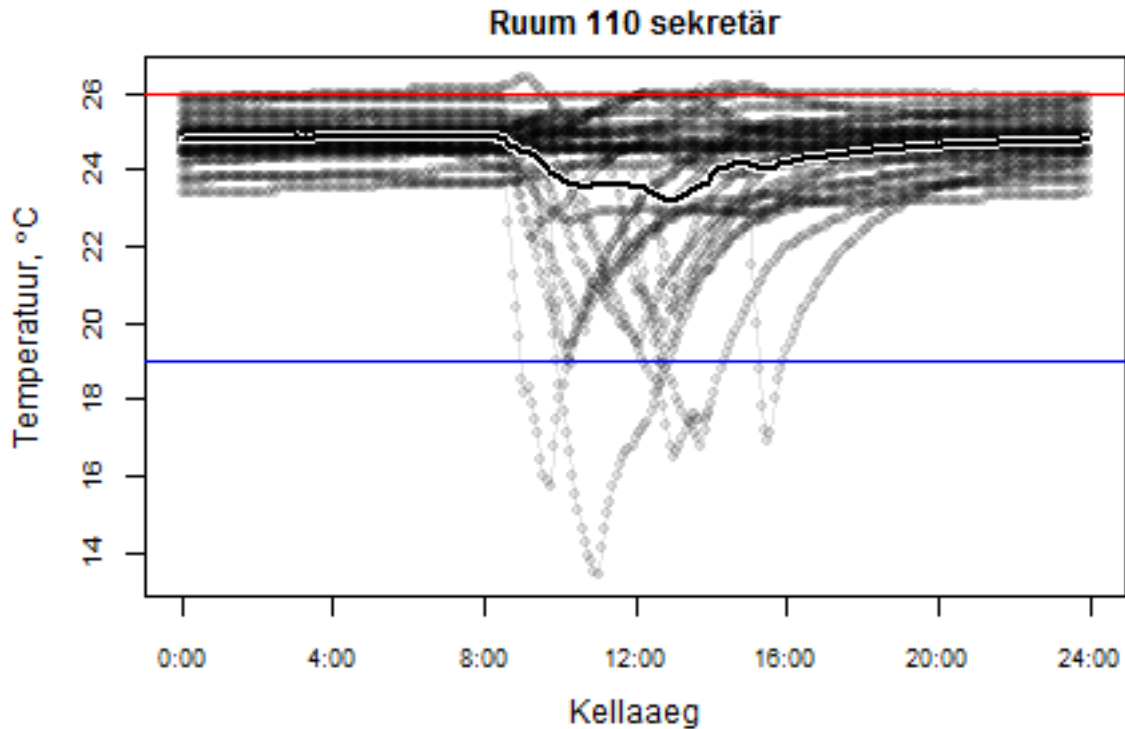


Graafik 160. Temperatuuride muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

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

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 väeri 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

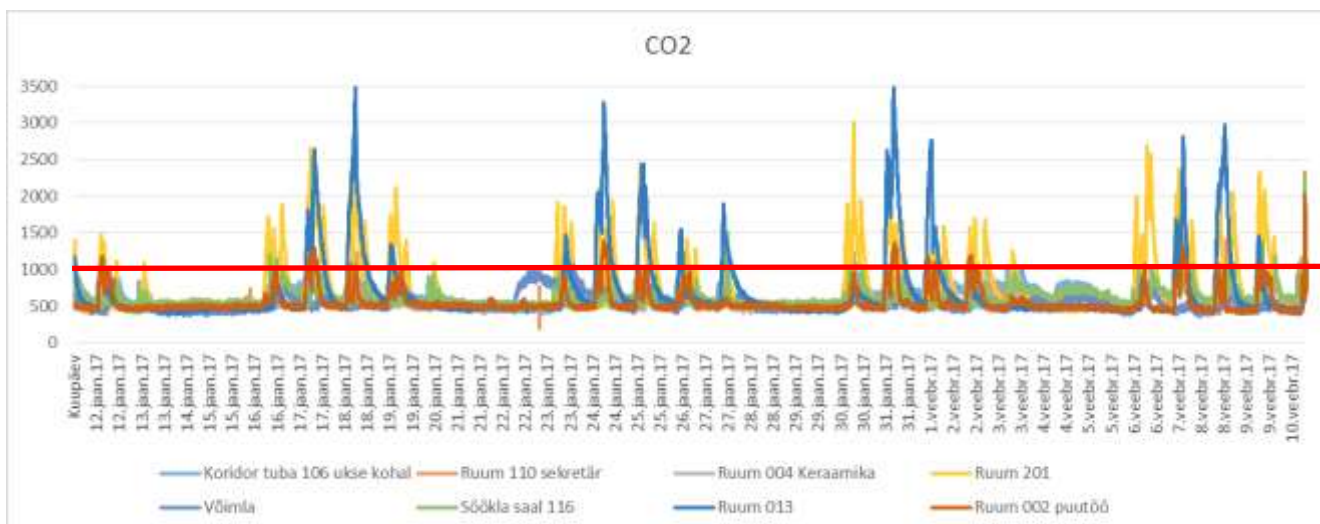
Ruum	Keskmine	Standard- hälve	Mediaan	Miinum	Maksimu m	Korrelatsioon välistemp,- ga
Koridor tuba 106 ukse kohal	21,68	0,638	21,6	15,8	23,2	0,18
Ruum 110 sekretär	24,42	1,312	24,7	13,4	26,4	-0,08
Ruum 004 Keraamika	21,32	0,423	21,3	16,3	22,5	-0,10
Ruum 201	21,06	0,788	21,2	18,0	23,3	-0,09
Võimla	19,44	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 CO<sub>2</sub> sisaldus ruumiõhus.





Graafik 162. Ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses (mikroliitrit ppm liitris õhus).

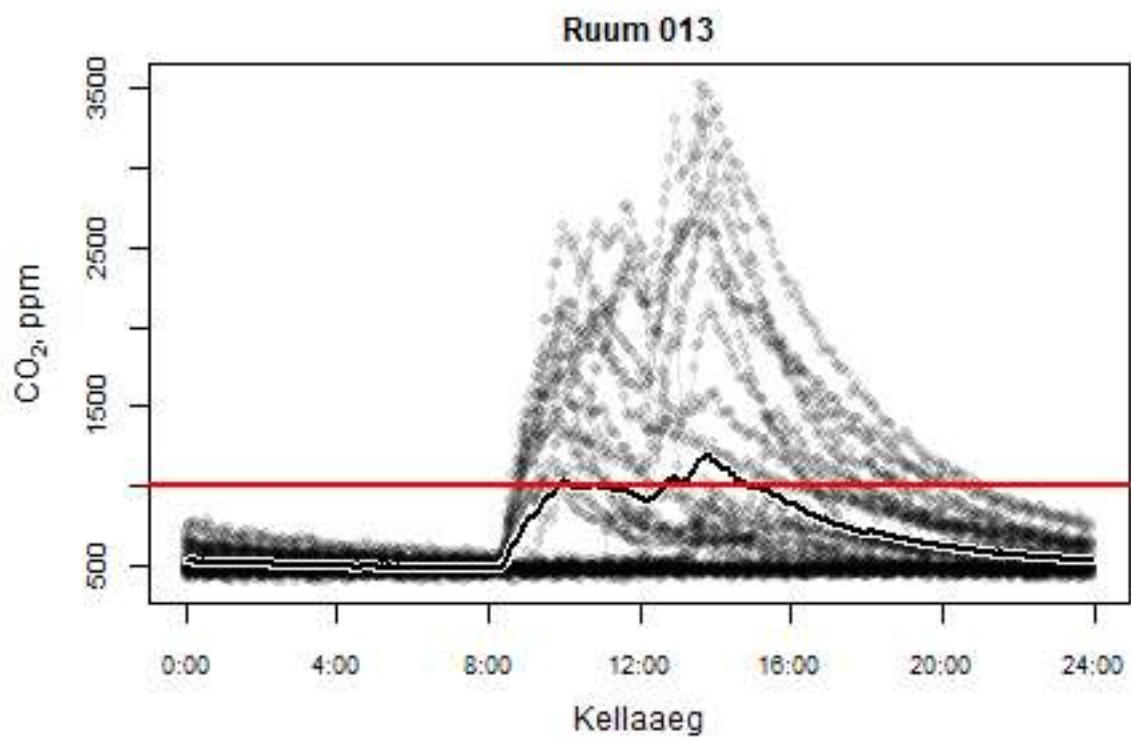
.	Koridor tu	Ruum 110	Ruum 004	Ruum 201	Võimla	Söökla saal	Ruum 013	Ruum 002	Ruum 017	Koridor 24	KOKKU
<b>KOKKU</b>	8592	8592	8593	8592	8592	8592	8593	8593	8592	8495	<b>85826</b>
<b>Üle 1000 ppm</b>	47	267	10	1920	34	107	1152	285	47	622	<b>4444</b>
<b>Üle 1000 ppm</b>	0,5%	3,1%	0,1%	22,3%	0,4%	1,2%	13,4%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

Tabel 63. Lubatud CO<sub>2</sub> taseme 1000 ppm ületanud mõõtmiste arv koguliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

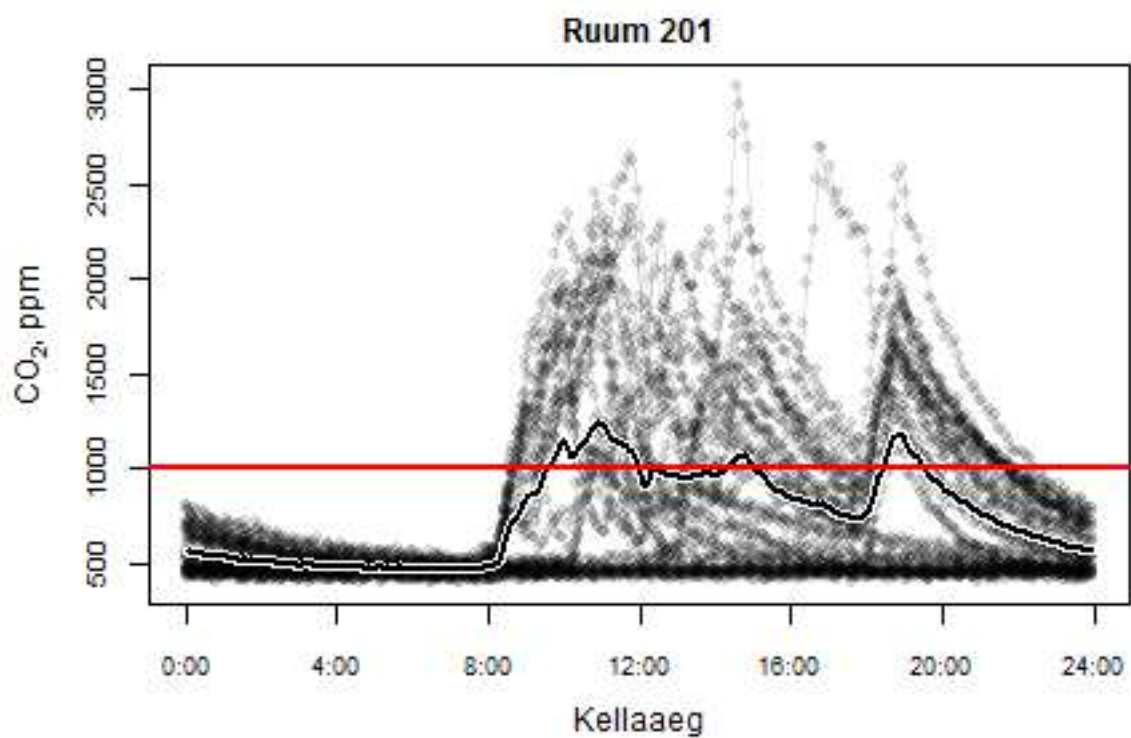
Graafikult 162 ja tabelist 63 lähtub, et CO<sub>2</sub> sisaldus ületab kõikides ruumides mingi ajaperioodi vältel lubatu piiri. Lubatud normi ületamise protsent on vahemikus 0,5-22,3% kogu mõõtmisperioodi ajast on CO<sub>2</sub> sisaldus lubatust kõrgem. Tabelist 64 näeme, et tundide ajal tõuseb keskmine CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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
<b>Kokku</b>	<b>865,87</b>	<b>476,80</b>	<b>693</b>	<b>414</b>	<b>3522</b>	<b>1,684</b>

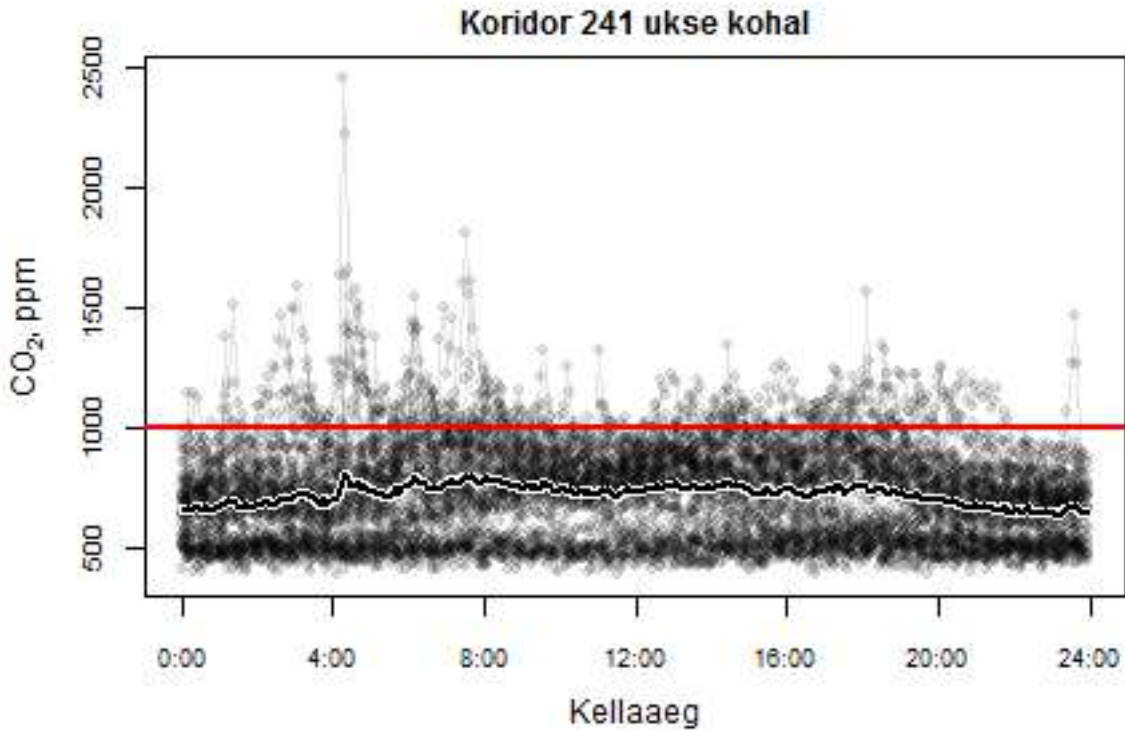
**Tabel 64.** CO<sub>2</sub>-sisalduse (ppm) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul



Graafik 163. CO<sub>2</sub> taseme muutus ruumis 013 ööpäeva lõikes



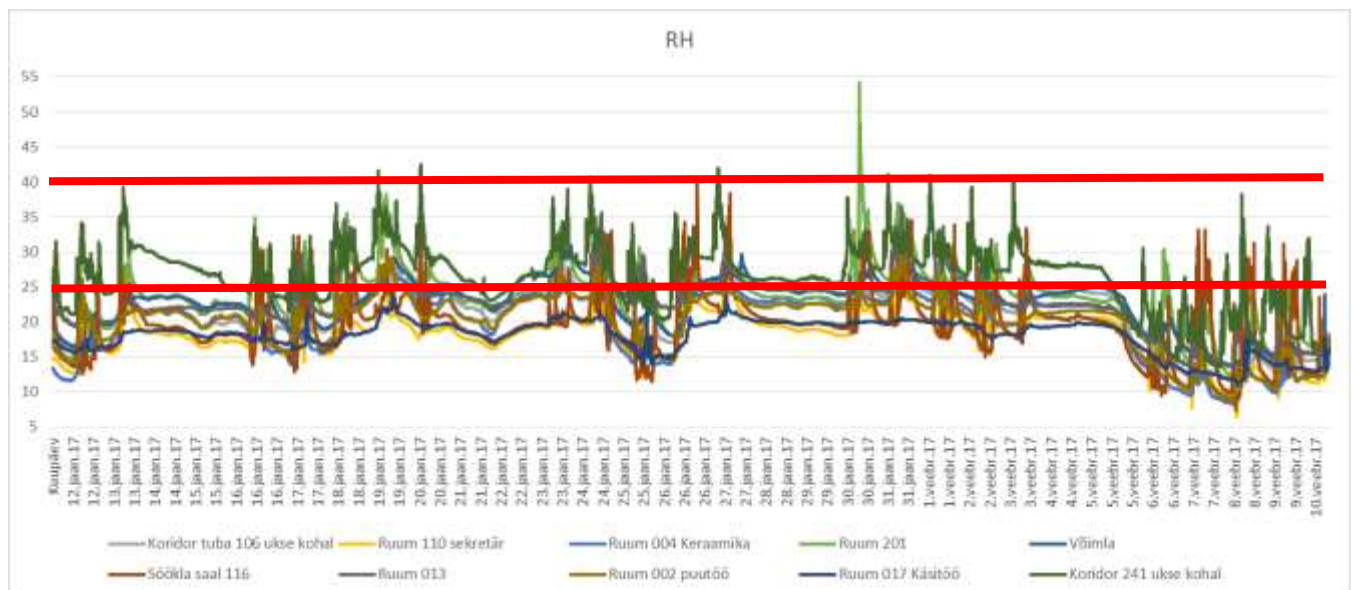
Graafik 164. CO<sub>2</sub> taseme muutus ruumis 201 ööpäeva lõikes



Graafik 165. CO<sub>2</sub> taseme muutus koridoris ruumi 241 ukse kohal ööpäeva lõikes

Kokkuvõtteks võib väita, et CO<sub>2</sub> 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
<b>KOKKU</b>	8592	8592	8593	8592	8592	8592	8593	8593	8592	8495	<b>77234</b>
<b>alla 40 %</b>	8592	8592	8593	8579	8592	8591	8593	8593	8592	8475	<b>77200</b>
<b>alla 25 %</b>	7559	8455	7955	5566	6654	7878	6947	8185	8592	2433	<b>62665</b>
<b>alla 40 %</b>	100,0%	100,0%	100,0%	99,8%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	99,8%	<b>100,0%</b>
<b>alla 25 %</b>	88,0%	98,4%	92,6%	64,8%	77,4%	91,7%	80,8%	95,3%	100,0%	28,6%	<b>81,1%</b>

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.

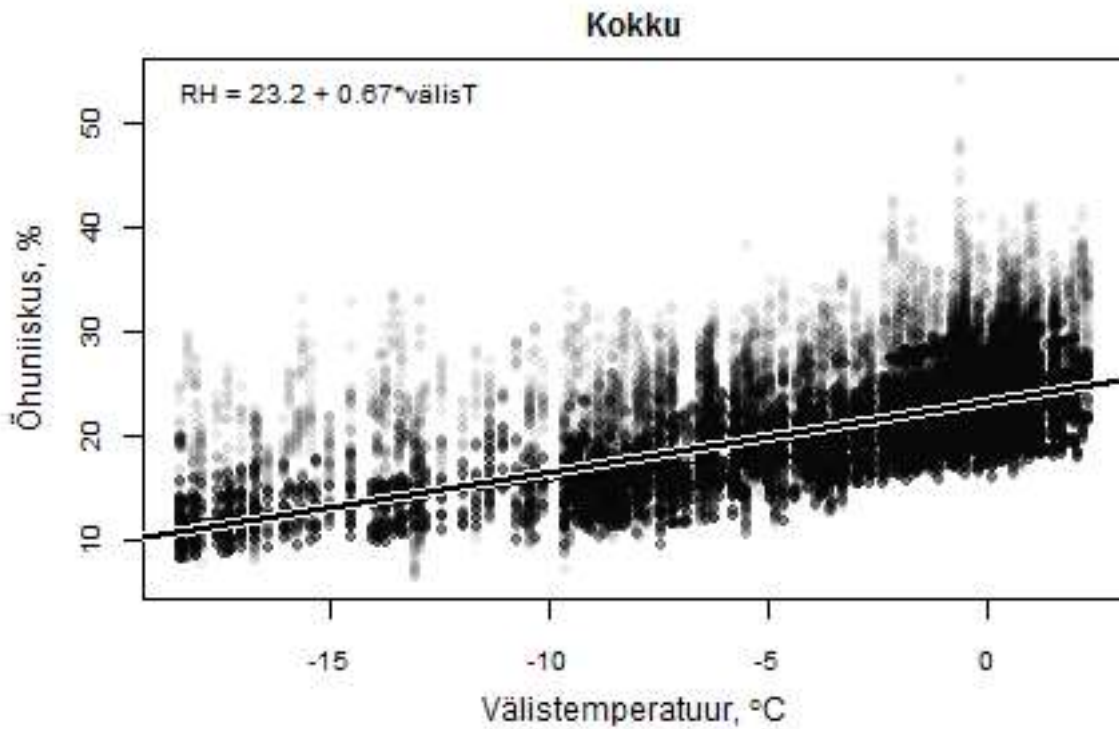
Ruum	Keskmine	Standardhälve	Mediaan	Miinum	Maksimum	Korrelatsioon välistemp,-ga
Koridor tuba 106 ukse kohal	21,09	3,801	22	11,1	31	0,90
Ruum 110 sekretär	17,96	3,436	18,5	6,4	31,2	0,83
Ruum 004 Keraamika	19,80	4,682	21,7	8,2	30,1	0,92
Ruum 201	23,80	4,310	23,6	11,9	54,2	0,66
Võimla	22,36	3,672	23,4	13,5	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
<b>Kokku</b>	<b>21,13</b>	<b>4,679</b>	<b>21,3</b>	<b>6,4</b>	<b>54,2</b>	<b>0,66</b>

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

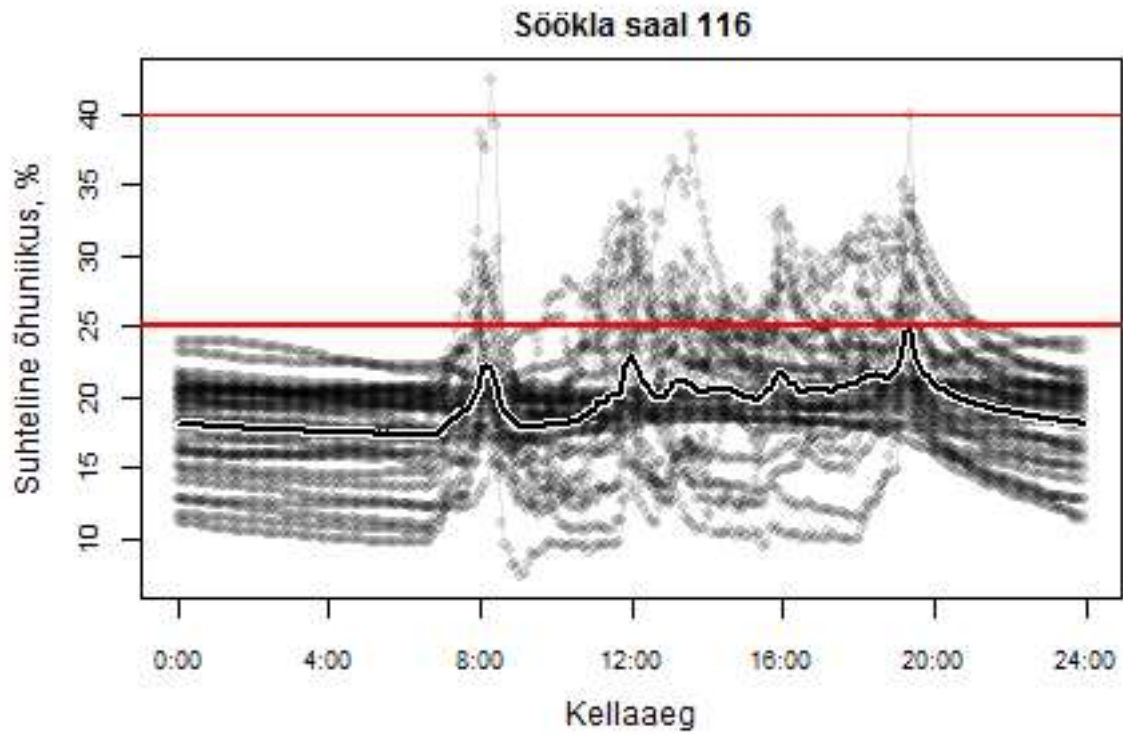
Ruum	Keskmine	Standardhälve	Mediaan	Miinum	Maksimum	Muutus minutis
Ruum 004 Keraamika	20,16	5,03	22,1	9,5	30,1	0,009
Ruum 201	25,67	5,12	25,8	13,1	54,2	0,025
Ruum 013	23,67	4,54	23,8	13,3	36,6	0,014
Ruum 002 puutöö	20,66	4,58	21,2	9,0	30,7	0,018
Ruum 017 Käsitöö	17,68	2,78	18,2	11,1	23,8	0,002
<b>Kokku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

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

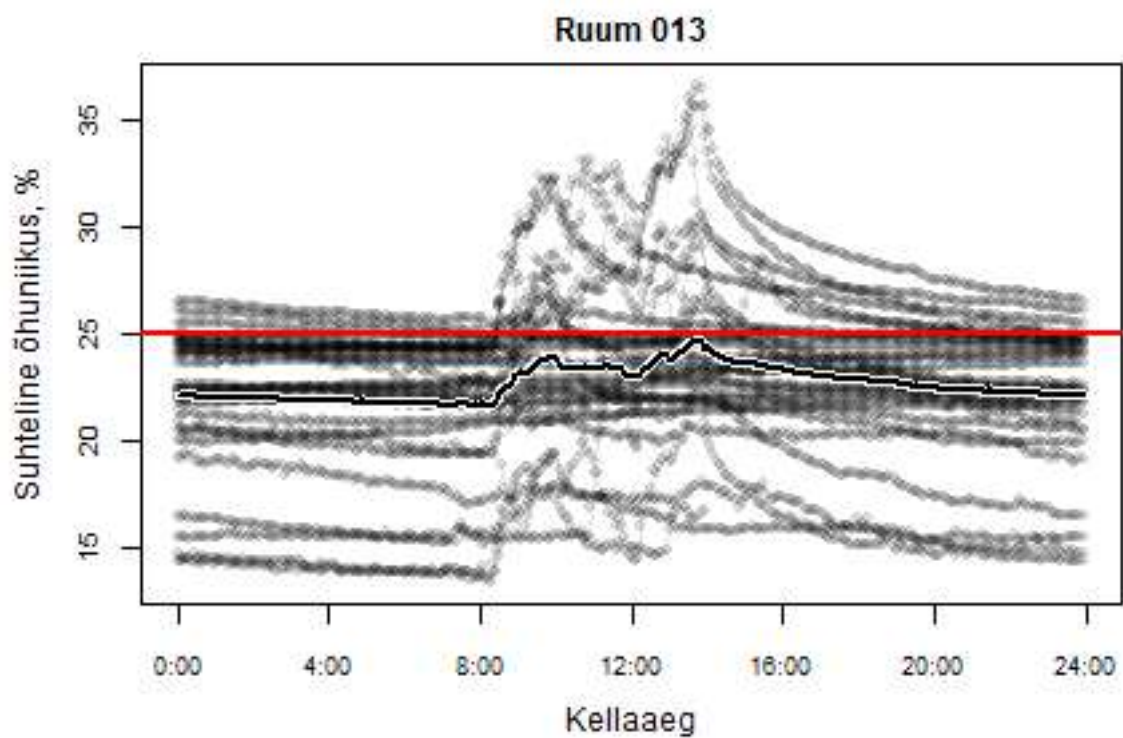
Siseõhu suhteline niiskus on otseses korrelatsioonis välisõhu temperatuuriga. Kõikide siseõhu suhtelise niiskuse mõõtmiste ja välisõhu temperatuuri näitude vaheline korrelatsioon (tabel 66) on vahemikus 0,66-0,92 mis on tugeva seose näitaja. Kõikide ruumide näitude põhjal kokku saadi siseõhu suhtelise 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.



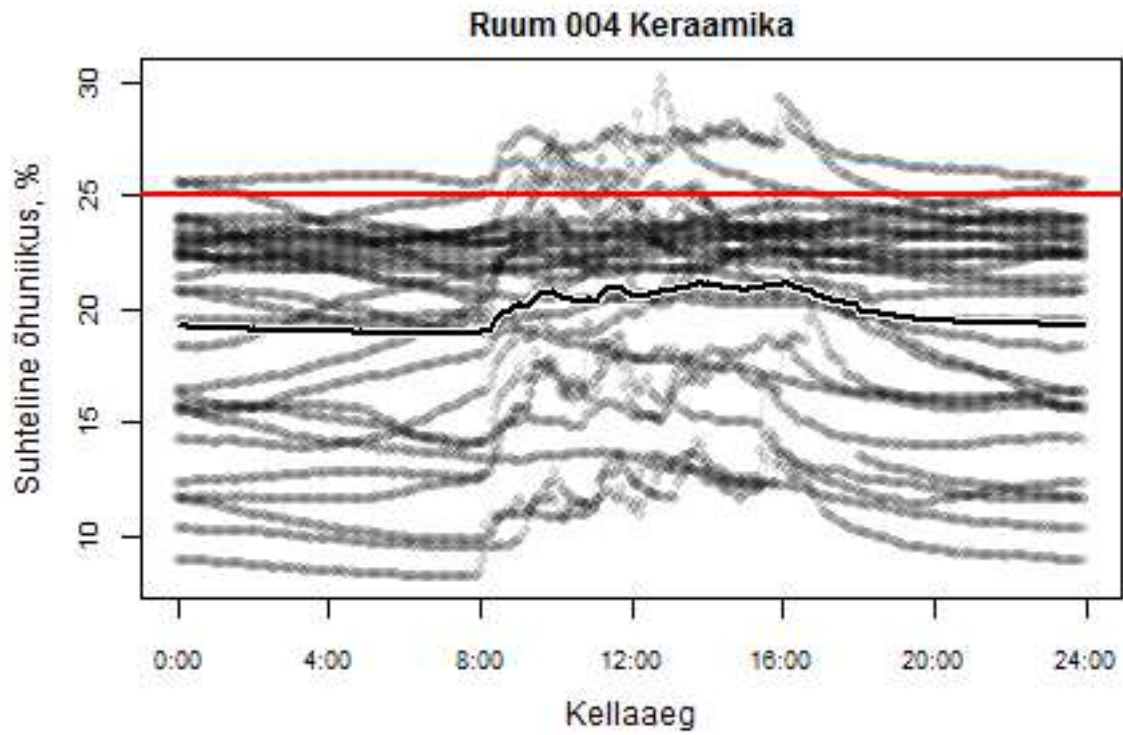
Graafik 167. Siseõhu suhtelise niiskuse ja välisõhu temperatuuri vaheline seos



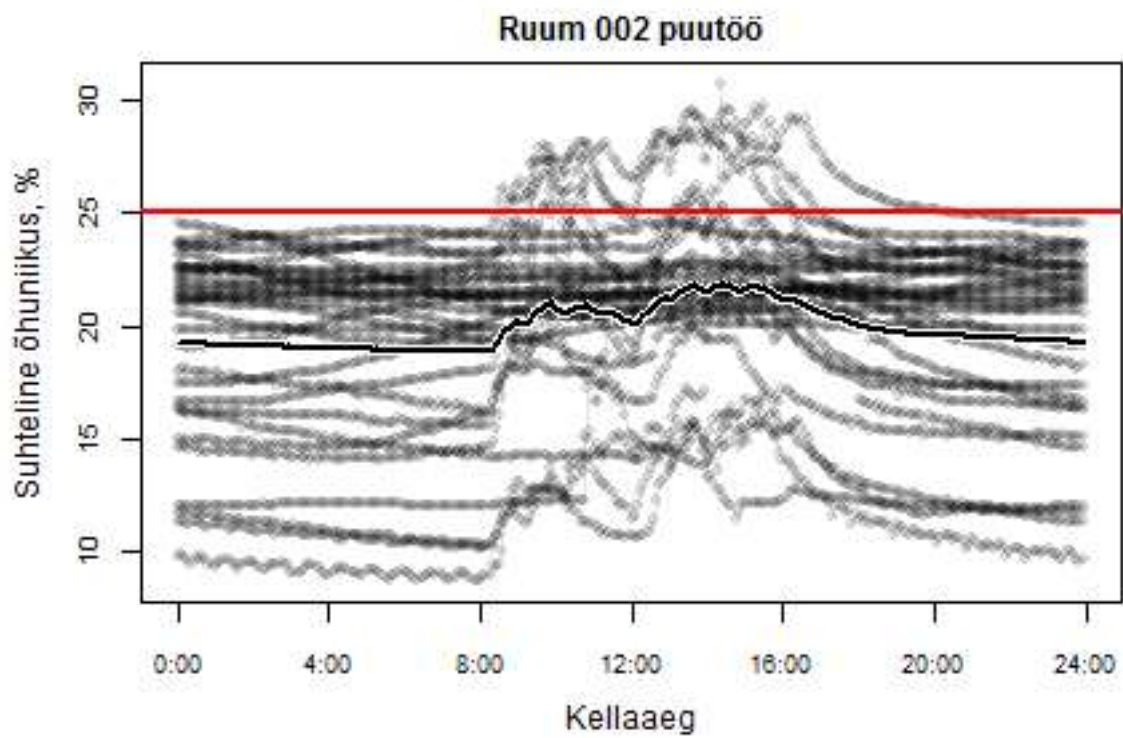
Graafik 168. Suhtelise õhuniiskuse taseme muutus söökla saalis 116 ööpäeva lõikes



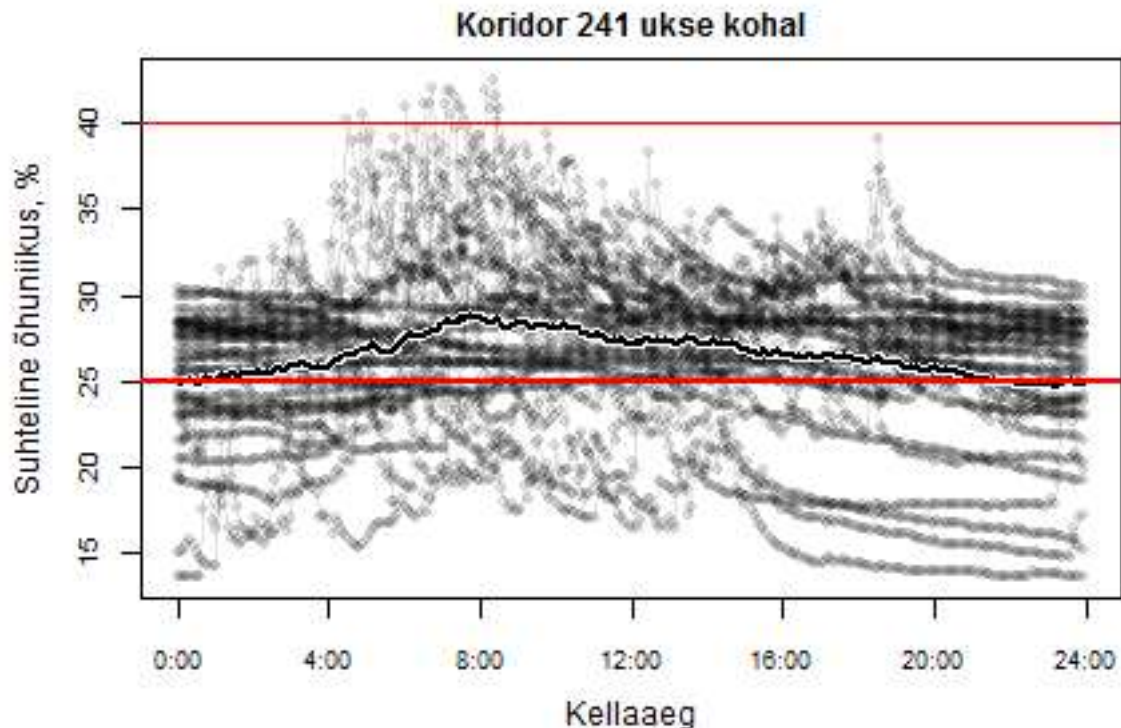
Graafik 169. Suhtelise õhuniiskuse taseme muutus ruumis 013 ööpäeva lõikes



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  $-20^{\circ}\text{C}$  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

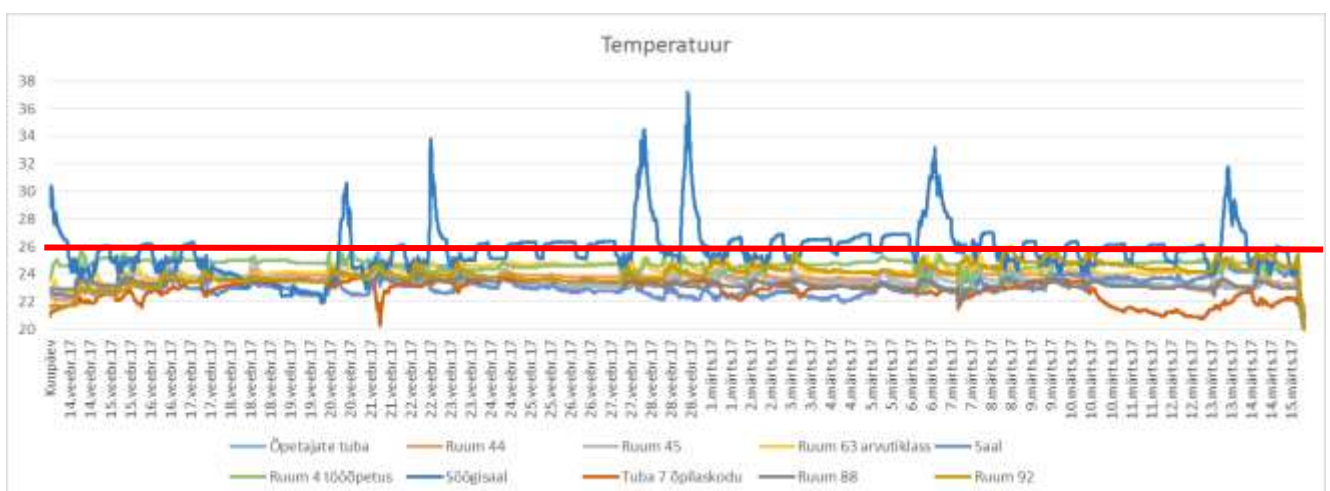
Mõõdistusseadmed: Delta OHM HD35, mõõtmisintervall 5 minutit

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.

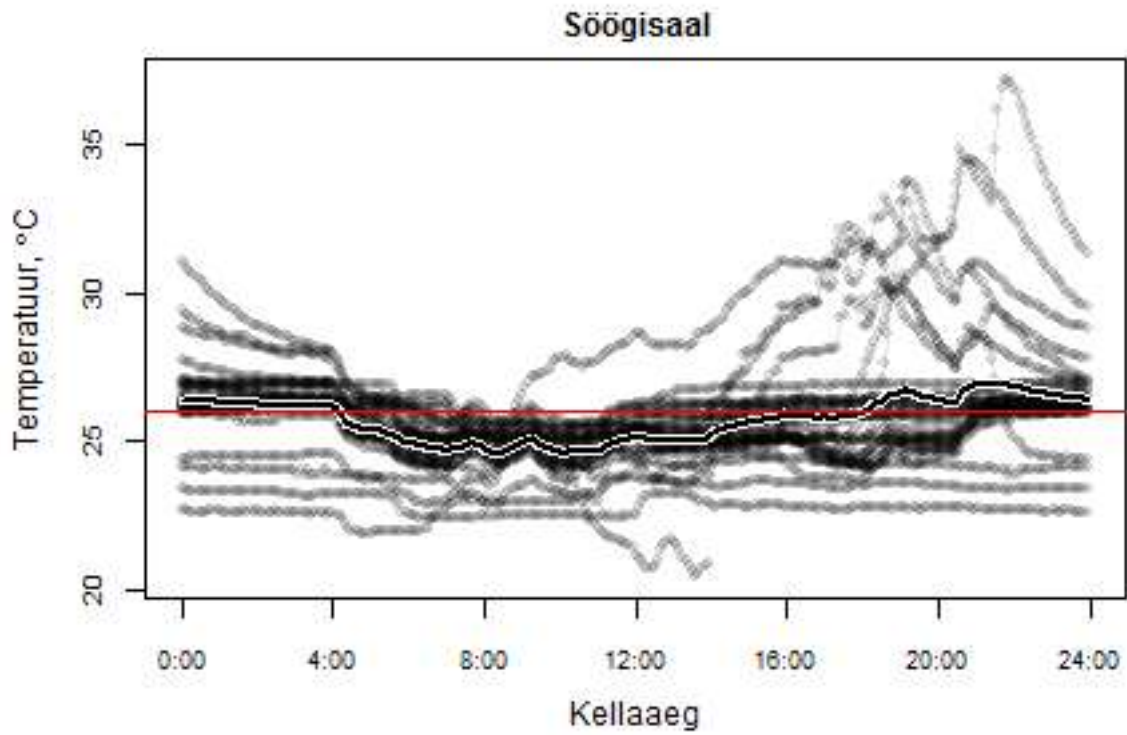
.	Õpetajate	Ruum 44	Ruum 45	Ruum 63	Saal	Ruum 4 tö	Söögisaal	Tuba 7 õp	Ruum 88	Ruum 92	KOKKU
<b>KOKKU</b>	8592	8593	8592	8593	8592	8593	8592	8545	8592	8592	<b>85876</b>
<b>Üle 26 °C</b>	0	0	0	0	0	0	3257	0	0	0	<b>3257</b>
<b>alla 19 °C</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>Üle 26 °C</b>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%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

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

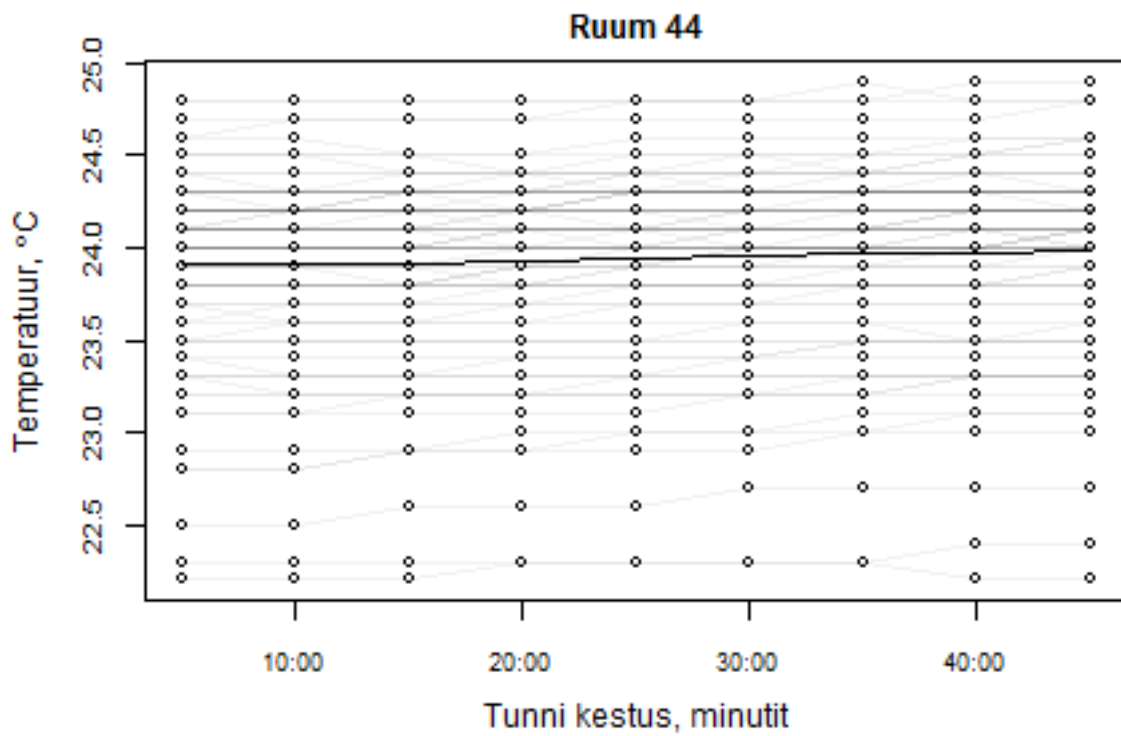
Graafikult 173 ja tabelist 68 lähtub, on suurimat lubatud temperatuuri 26°C ületatud vaid söögisaalis, kuid seal koguni 37,9% kogu mõõdistusperioodi jooksul. Graafikult 174 on näha, et temperatuur ületas lubatud piiri põhiliselt õhtu ja öötundidel. Vajalik on kontrollida nii suure ületamise põhjust. 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

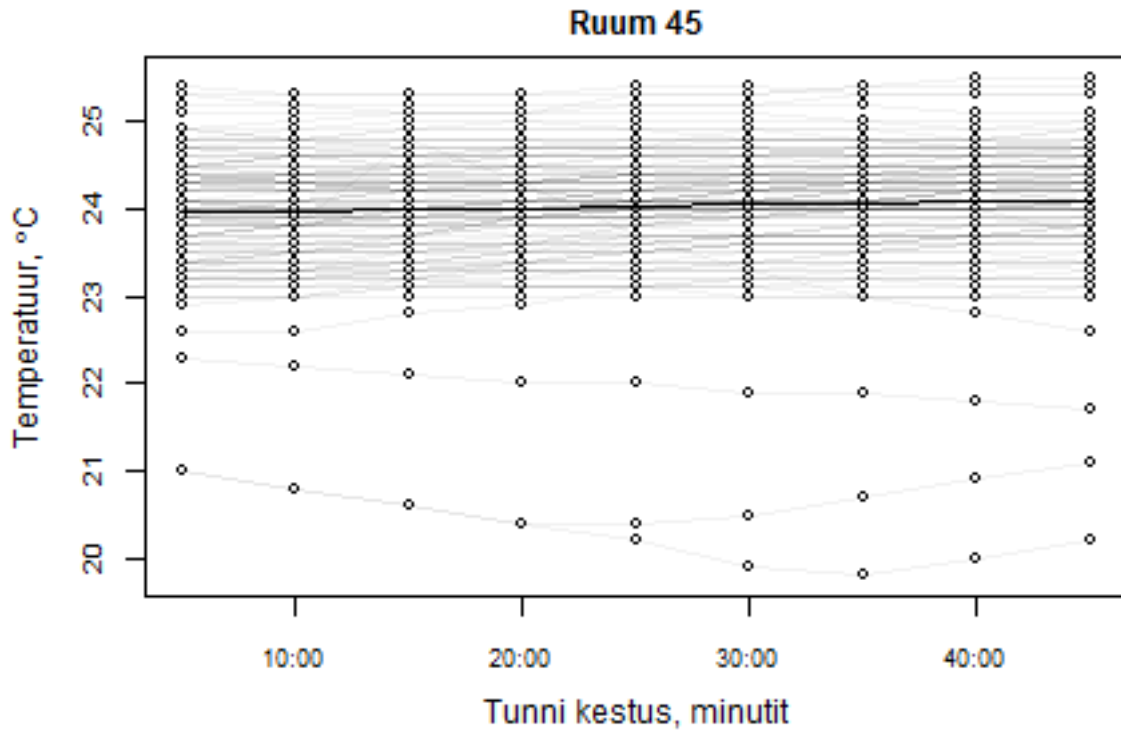
**Tabel 69.** Õhutemperatuuri (°C) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas mõõdetud välistemperatuuriga



Graafik 174. Söögisaali temperatuuri muutus ööpäeva lõikes



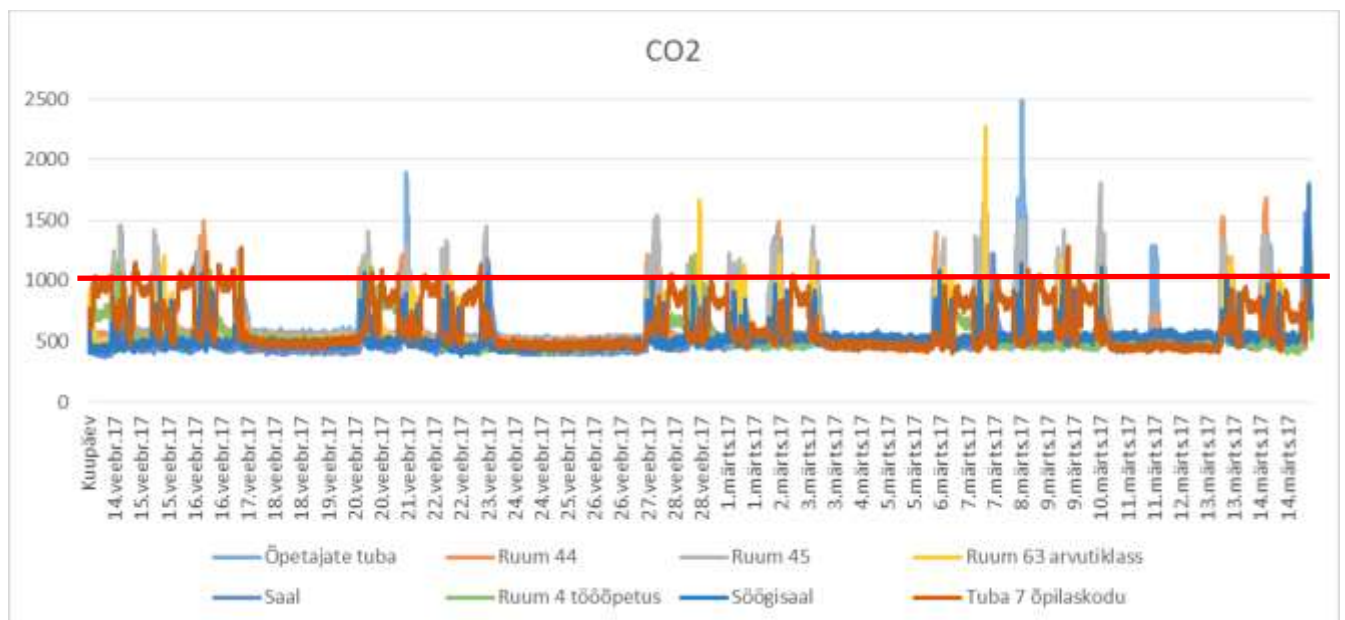
Graafik 175. Ruumi 44 temperatuuri muutus õppetöö tundide lõikes



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 CO<sub>2</sub> sisaldus ruumiõhus.

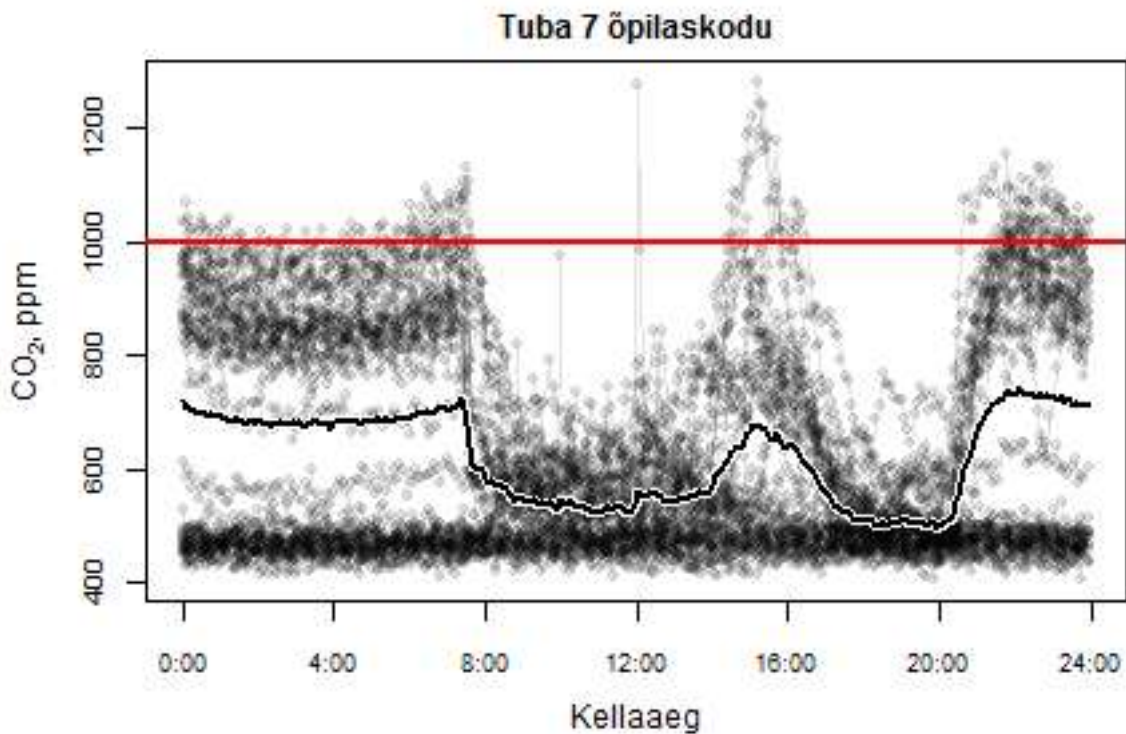


Graafik 177. Ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses (mikroliitrit ppm liitris õhus).

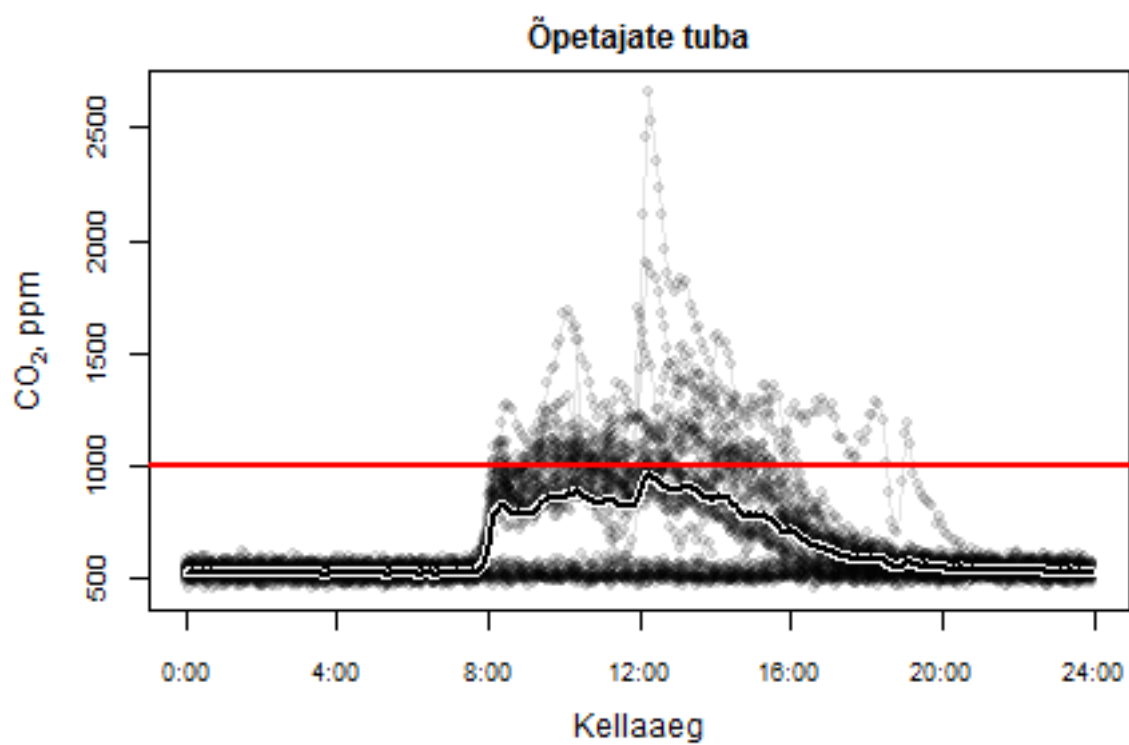
	Õpetajate	Ruum 44	Ruum 45	Ruum 63	Saal	Ruum 4 t	Söögisaal	Tuba 7 õp	Ruum 88	Ruum 92	KOKKU
<b>KOKKU</b>	8592	8593	8592	8593	8592	8593	8592	8545	8592	8592	<b>85876</b>
<b>Üle 1000 ppm</b>	783	529	782	162	44	50	33	280	14	191	<b>2085</b>
<b>Üle 1000 ppm</b>	9,1%	6,2%	9,1%	1,9%	0,5%	0,6%	0,4%	3,3%	0,2%	2,2%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

Tabel 70. Lubatud CO<sub>2</sub> taseme 1000 ppm ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

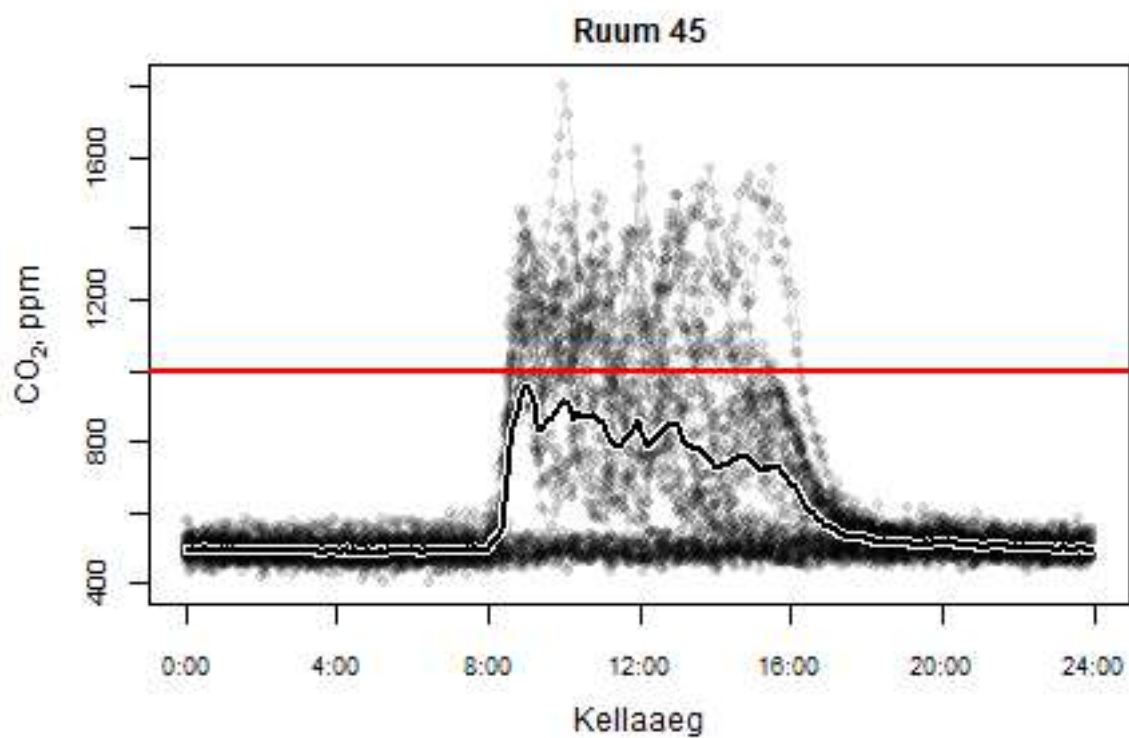
Graafikult 177 ja tabelist 70 lähtub, et CO<sub>2</sub> sisaldus ületab kõikides ruumides mingi ajaperioodi vältel lubatu piiri. Lubatud normi ületamise protsent on vahemikus 0,5-9,1% kogu mõõtmisperioodi ajast. Kõige problemaatilisemad ruumid on õpetajate tuba, ruumid 44, 45 ja õpilaskodu tuba 7. Ülejäänud 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 CO<sub>2</sub> tase vahemikus 8.00 – 16.30 (graafikud 179, 180 ja 182). Ruumides 44 ja 45 oli tundide ajal oluline CO<sub>2</sub> taseme tõus (graafikud 181 ja 183).



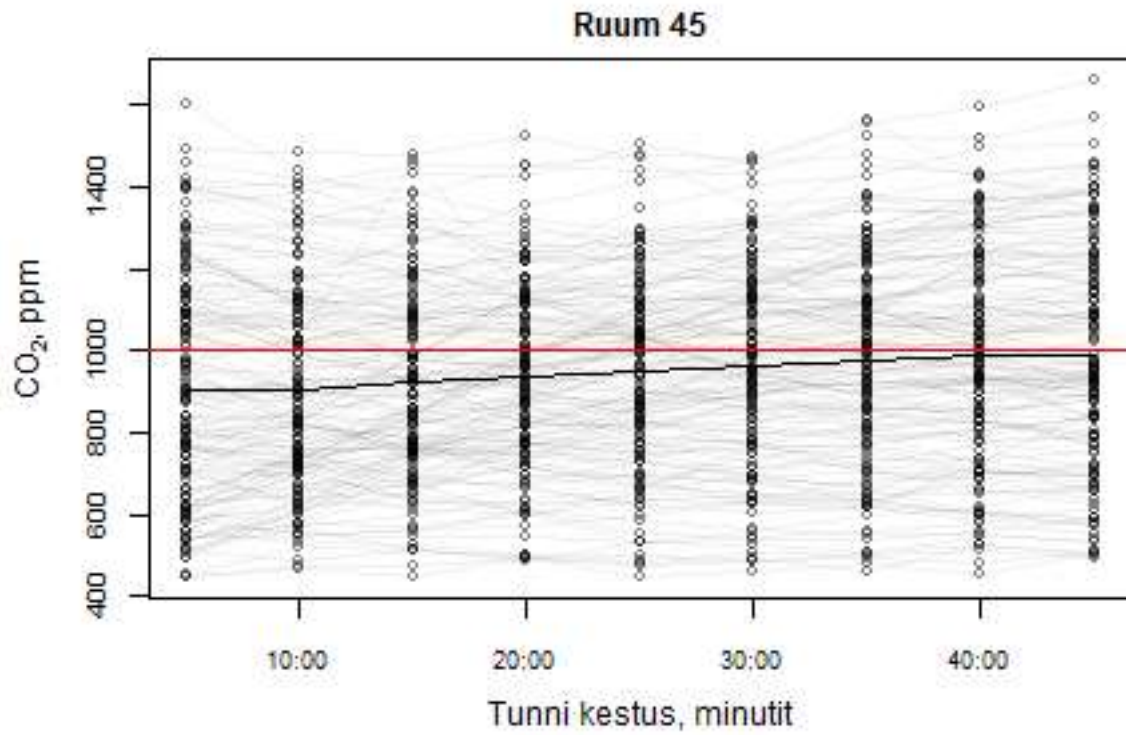
Graafik 178. CO<sub>2</sub> taseme muutus õpilaskodu toas 7 ööpäeva lõikes



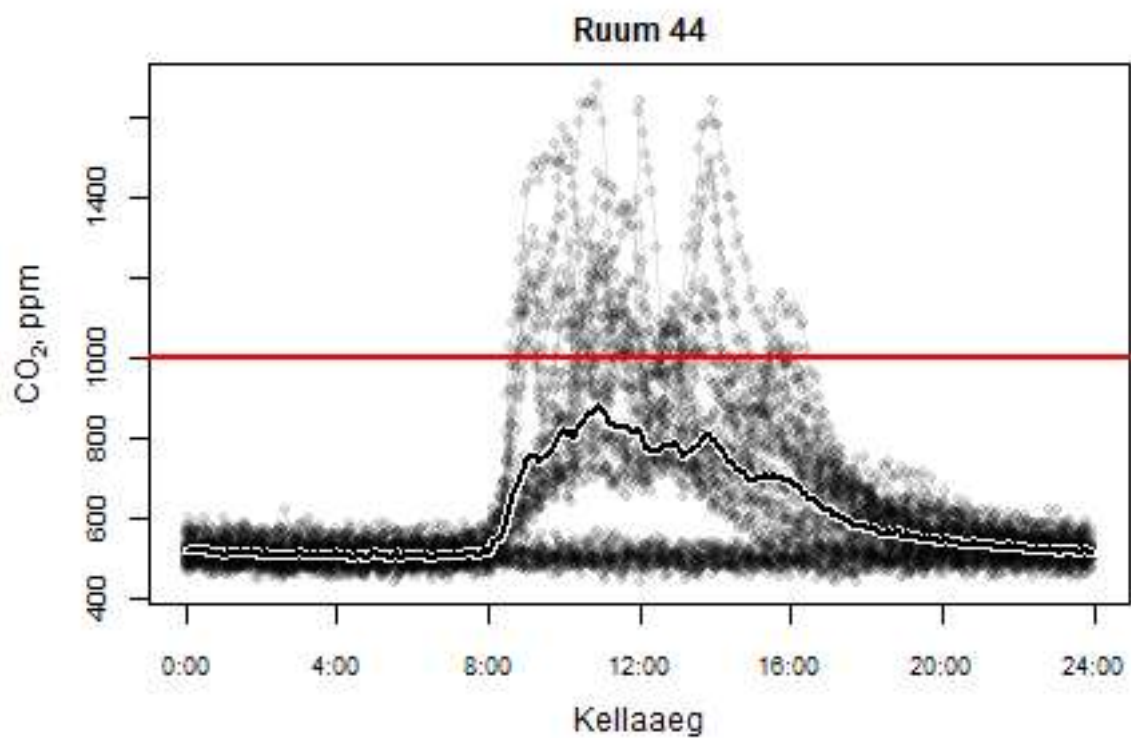
Graafik 179. CO<sub>2</sub> taseme muutus õpetajate toas ööpäeva lõikes



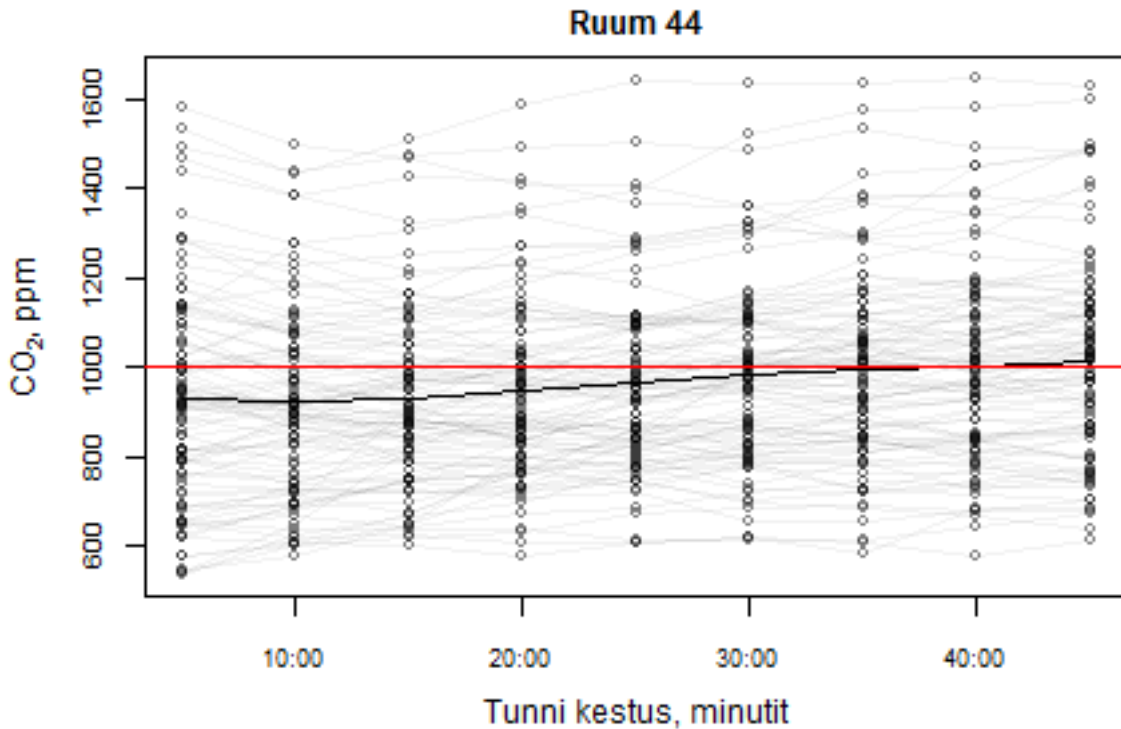
Graafik 180. CO<sub>2</sub> taseme muutus ruumis 45 ööpäeva lõikes



Graafik 181. CO<sub>2</sub> taseme muutus ruumis 45 õppetöö tunni lõikes



Graafik 182. CO<sub>2</sub> taseme muutus ruumis 44 ööpäeva lõikes



Graafik 183. CO<sub>2</sub> taseme muutus ruumis 44 õppetöö tunni lõikes

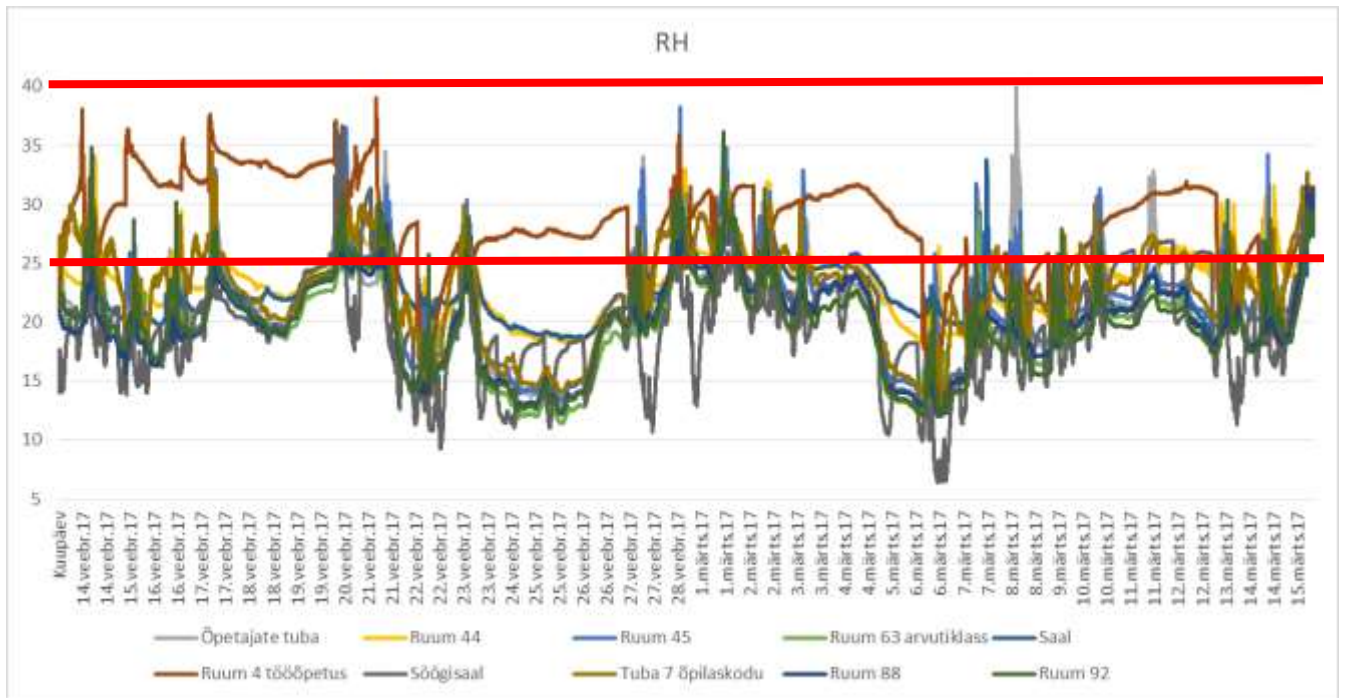
Ruum	Keskmine	Standard- hälve	Mediaan	Miinum	Maksimu m	Muutus minutis
Ruum 4 tööõpetus	639,9	131,7	607,5	451	1184	1,168
Ruum 44	965,1	212,8	951	532	1648	2,480
Ruum 45	949,4	247,5	940	445	1662	2,488
Ruum 63 arvutiklass	749,7	190,7	715	427	2056	1,855
Ruum 88	695,6	121,1	686	450	1489	2,142
Ruum 92	812,2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

**Tabel 71.** CO<sub>2</sub>-sisalduse (ppm) olulisemad arvarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul

Kokkuvõtteks võib väita, et CO<sub>2</sub> tasemega on Valga Jaanikese koolis väheseid probleeme. Ruumides 44 ja 45 on CO<sub>2</sub> 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. Soovitatav 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
<b>KOKKU</b>	8592	8593	8592	8593	8592	8593	8592	8545	8592	8592	<b>77284</b>
<b>alla 40 %</b>	8591	8593	8592	8593	8592	8593	8592	8545	8592	8592	<b>77284</b>
<b>alla 25 %</b>	7157	5913	7101	8149	7278	1977	7590	5969	7953	7720	<b>59650</b>
<b>alla 40 %</b>	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	<b>100,0%</b>
<b>alla 25 %</b>	83,3%	68,8%	82,6%	94,8%	84,7%	23,0%	88,3%	69,9%	92,6%	89,9%	<b>77,2%</b>

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

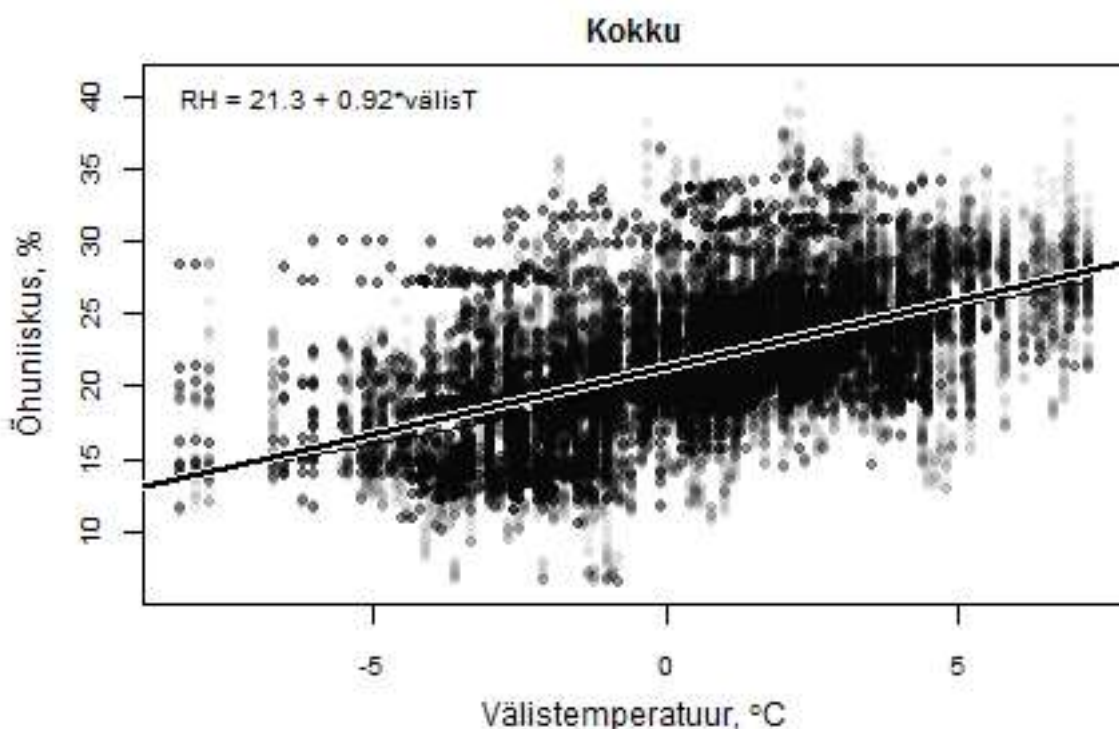
Ruum	Keskmine	Standard- hälve	Mediaan	Miinum	Maksimu m	Korrelatsioon välistemp,- ga
Ruum 4 tööõpetus	27,88	4,55	28,5	12,9	39,0	0,31
Ruum 44	23,57	2,75	23,8	15,3	34,1	0,70
Ruum 45	21,51	4,04	21,6	13,3	38,2	0,72
Ruum 63 arvutiklass	19,57	3,70	19,8	11,4	31,8	0,77
Ruum 88	19,98	3,69	20	12,0	32,5	0,79
Ruum 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
-------	-------	------	------	-----	------	------

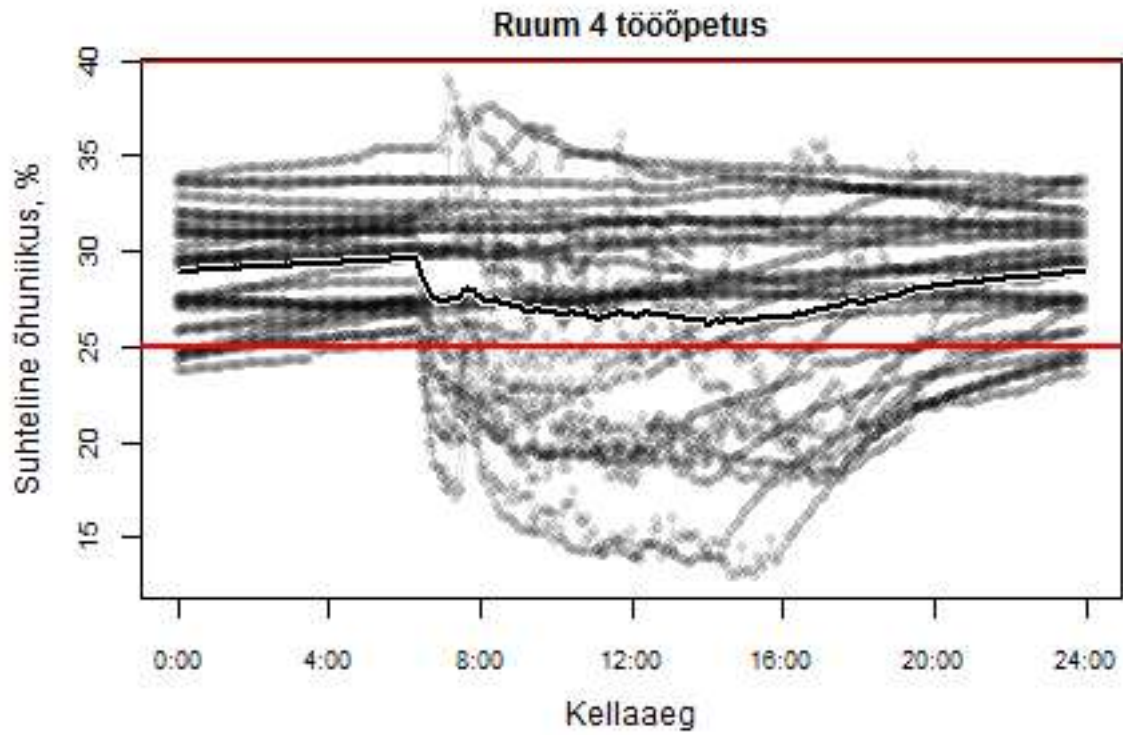
**Tabel 73.** Suhtelise õhuniiskuse (%) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas mõõdetud välistemperatuuriga

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.

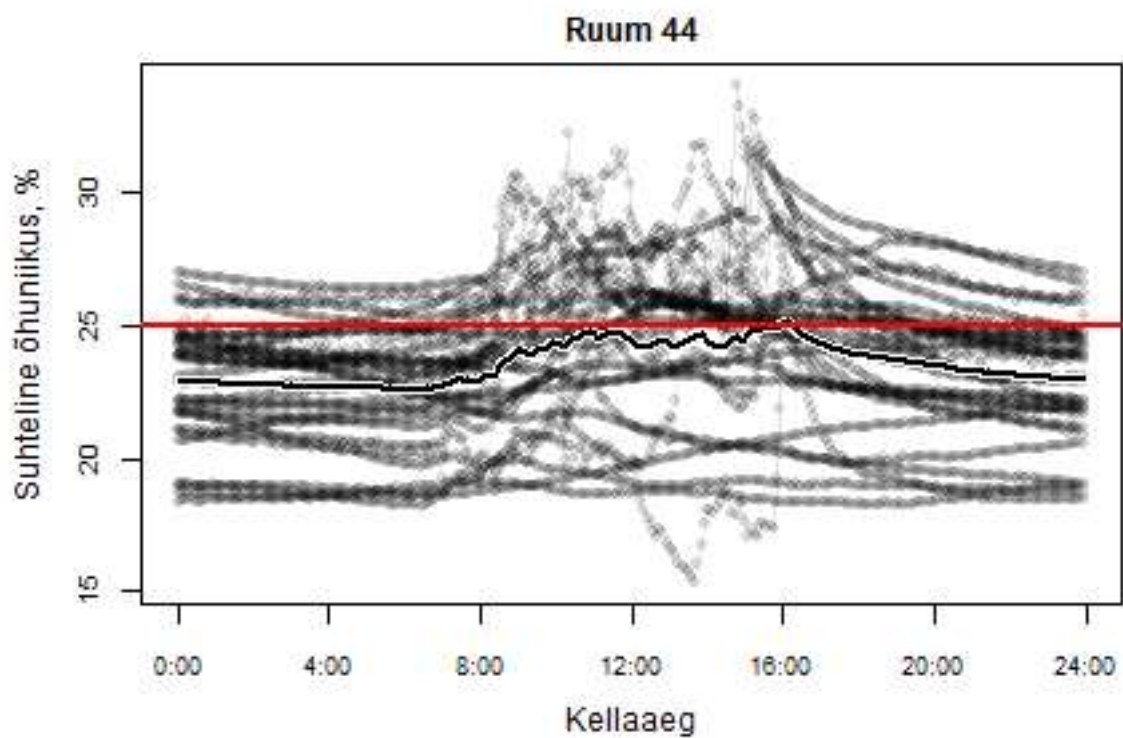
Graafikutelt 186-190 on näha, et tavaliselt tundide ajal suhteline õhuniiskus tõuseb kuid tööpäetuse ruumis langeb. Suure tõenäosusega lülitatakse puutöö klassis tunni alguses sisse



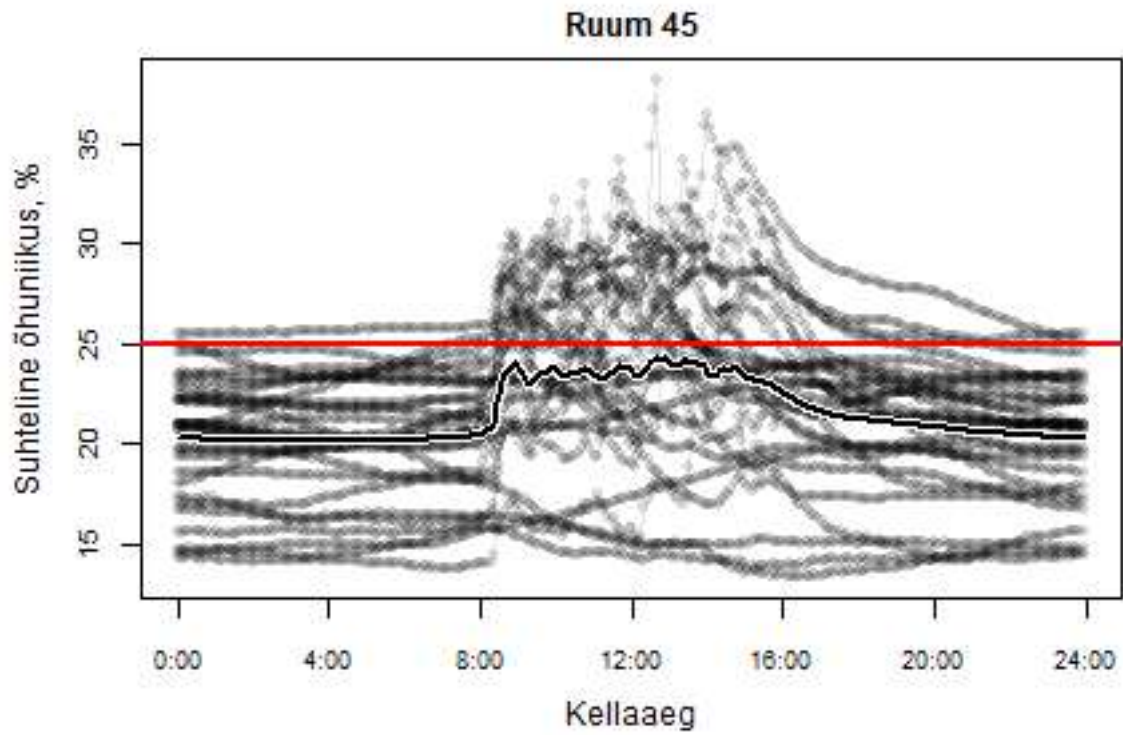
Graafik 185. Siseõhu suhtelise niiskuse ja välisõhu temperatuuri vaheline seos



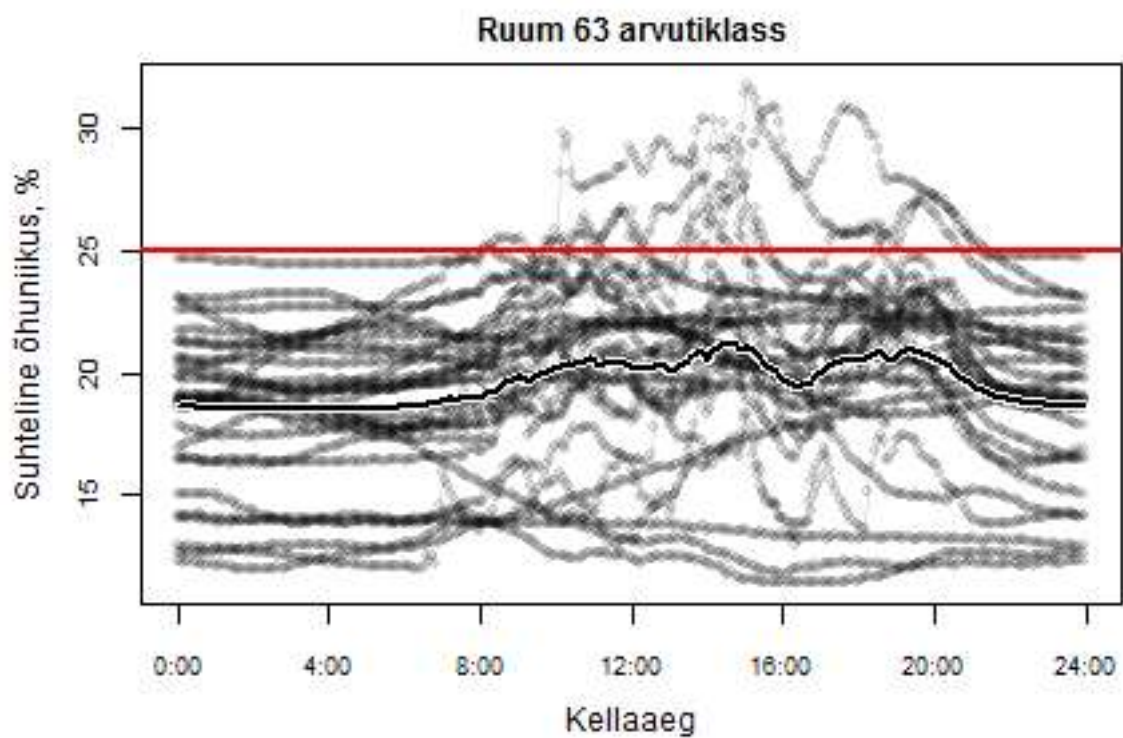
Graafik 186. Suhtelise õhuniiskuse taseme muutus tööõpetuse ruumis 4 ööpäeva lõikes



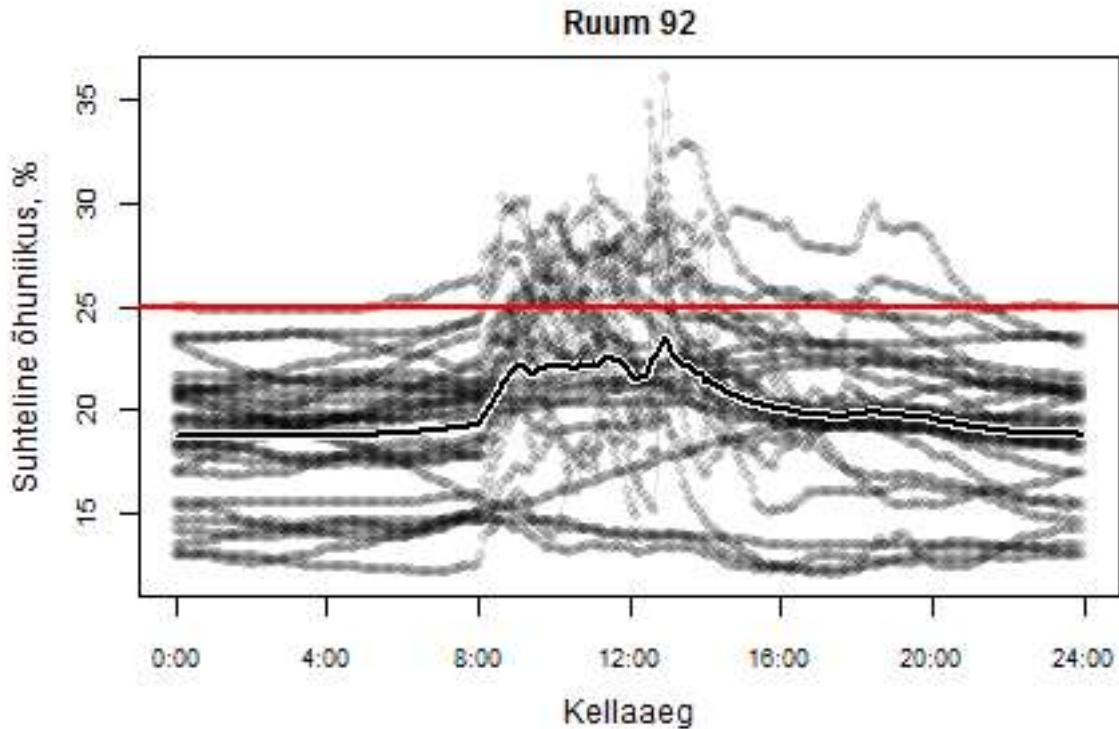
Graafik 187. Suhtelise õhuniiskuse taseme muutus ruumis 44 ööpäeva lõikes



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  $-20^{\circ}\text{C}$  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

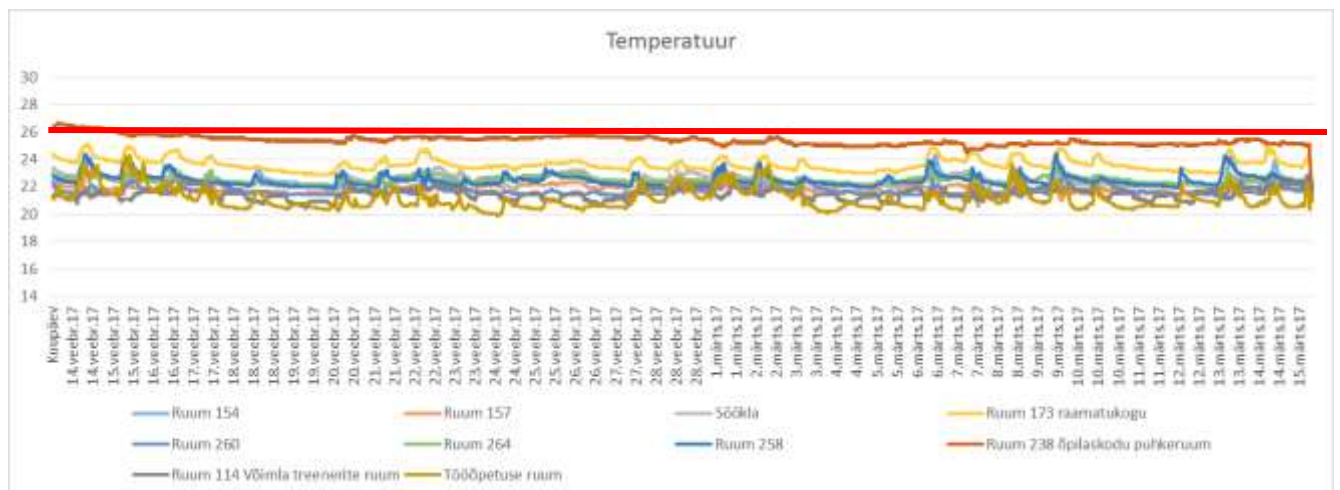
Mõõdistusseadmed: Delta OHM HD35, mõõtmisintervall 5 minutit

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



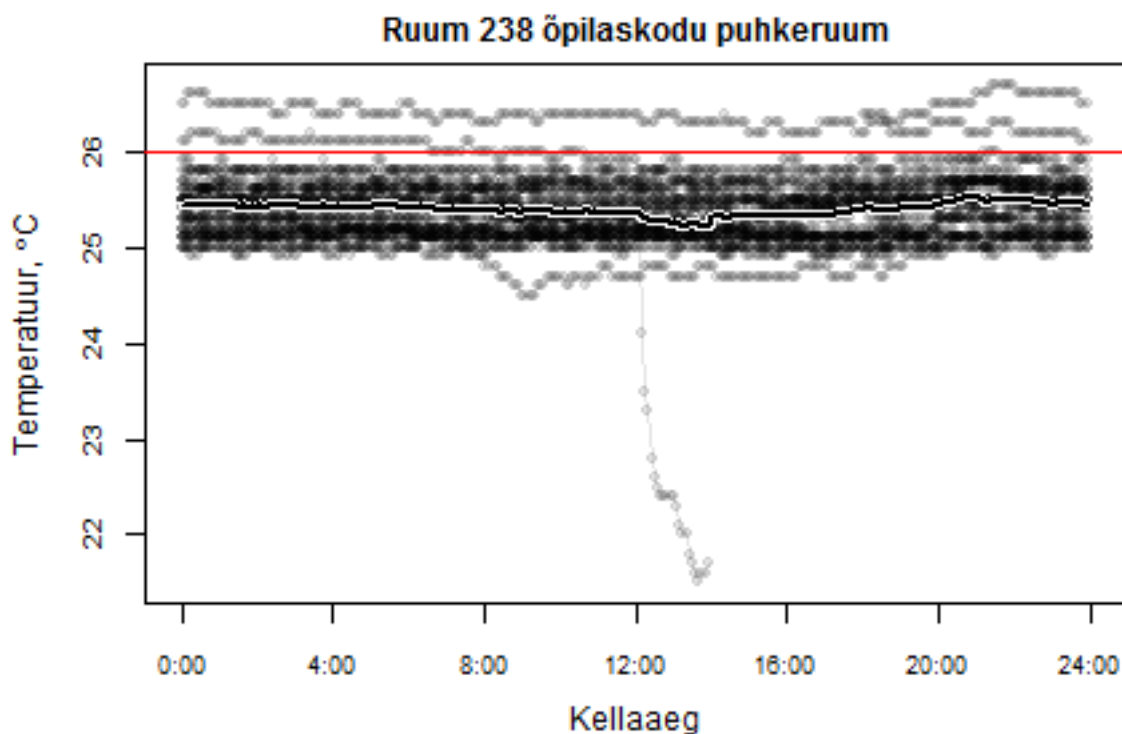
Graafik 191. Temperatuuride muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

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

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 ringelt 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.

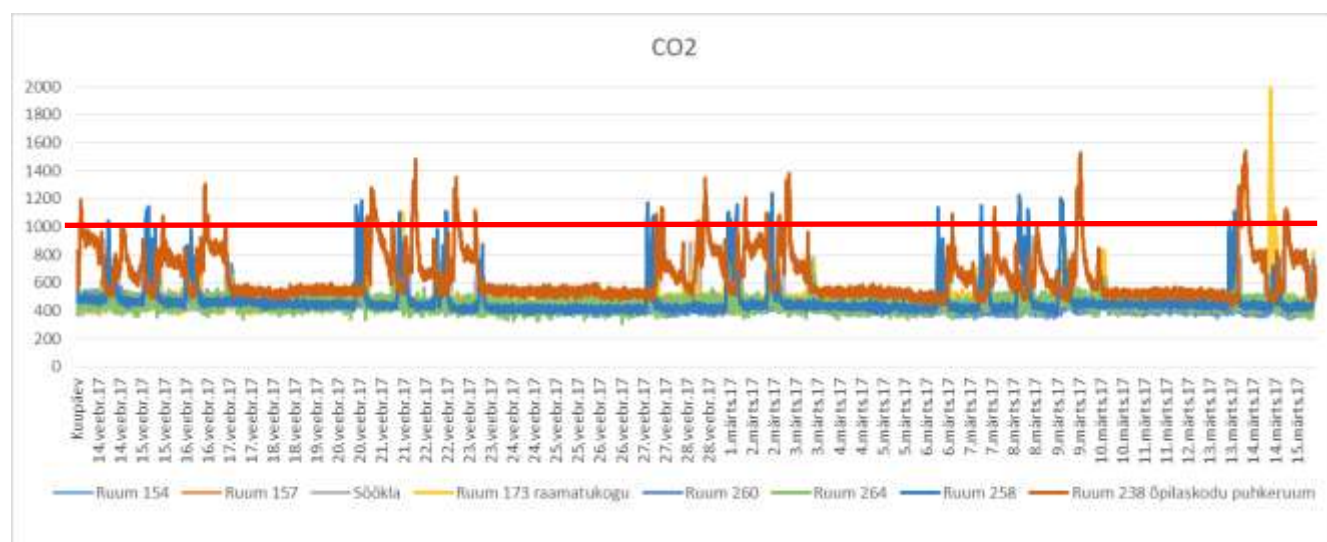
Ruum	Keskmine	Standard- hälve	Mediaan	Miinumum	Maksimu m	Korrelatsioon välistemp,- ga
Ruum 154	22,45	0,334	22,4	21,5	24,4	-0,13
Ruum 157	21,79	0,234	21,8	20,6	22,9	-0,27
Söökla	22,45	0,367	22,4	21,2	23,4	-0,11

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
<b>Kokku</b>	<b>22,51</b>	<b>1,238</b>	<b>22,3</b>	<b>19,9</b>	<b>26,7</b>	<b>0,01</b>

**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 CO<sub>2</sub> sisaldus ruumiõhus.



Graafik 193. Ruumiõhu CO<sub>2</sub> 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
<b>KOKKU</b>	8592	8592	8593	8592	8592	8592	8592	8593	8593	8592	<b>68739</b>
<b>Üle 1000 ppm</b>	0	0	0	32	0	0	118	407	0	0	<b>557</b>
<b>Üle 1000 ppm</b>	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%	0,0%	1,4%	4,7%	0,0%	0,0%	<b>0,8%</b>

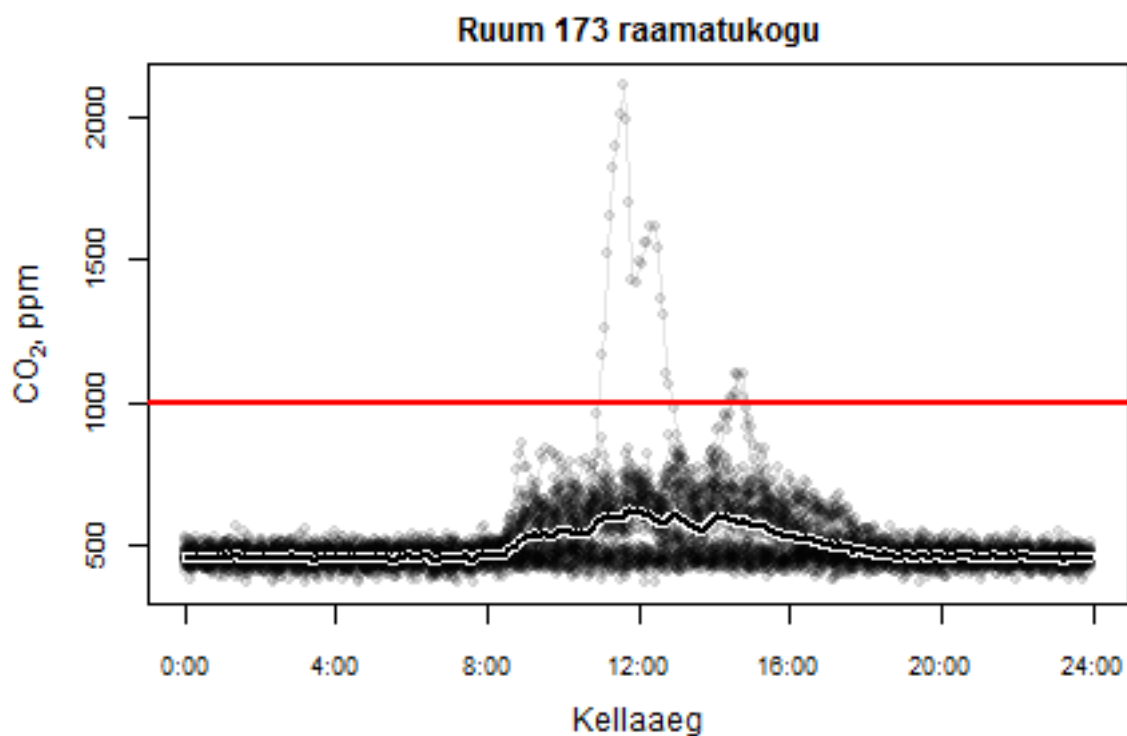
Tabel 76. Lubatud CO<sub>2</sub> taseme 1000 ppm ületanud mõõtmiste arv koguliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 193 ja tabelist 76 lähtub, et CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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).

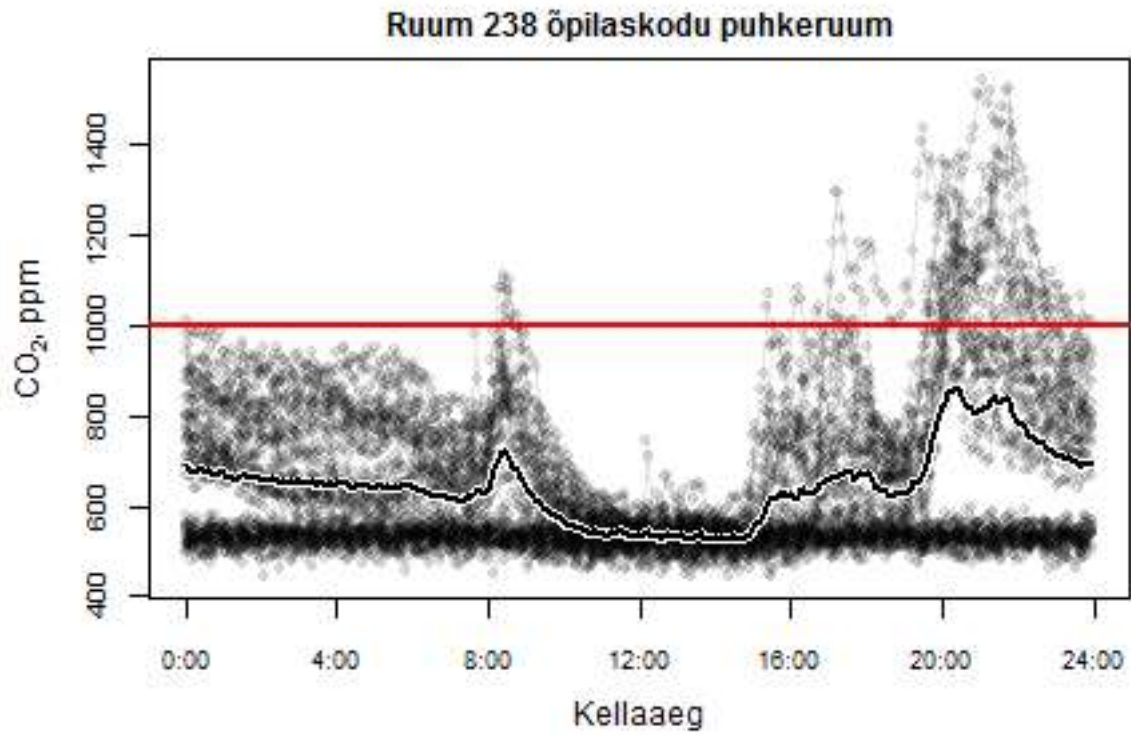


Ruum	Keskmine	Standard- hälve	Mediaan	Miinumum	Maksimum	Muutus minutis
Ruum 154	467,64	44,73	458	383	759	0,011
Ruum 157	507,88	66,58	489	389	732	0,384
Ruum 260	481,82	82,46	460	364	773	0,394
Ruum 264	497,23	72,59	484	340	952	0,355
Ruum 258	652,13	201,57	632	388	1238	1,994
Tööõpetuse ruum	536,29	53,92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

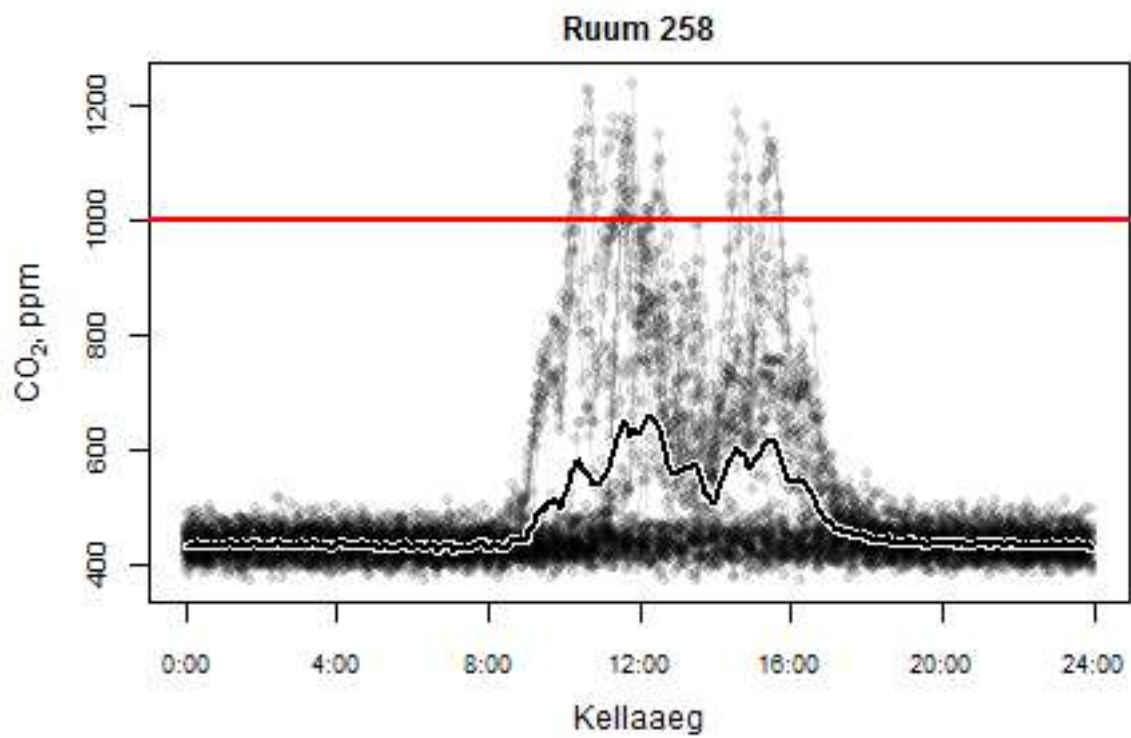
**Tabel 77.** CO<sub>2</sub>-sisalduse (ppm) olulisemad arvkarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi möötmete tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul



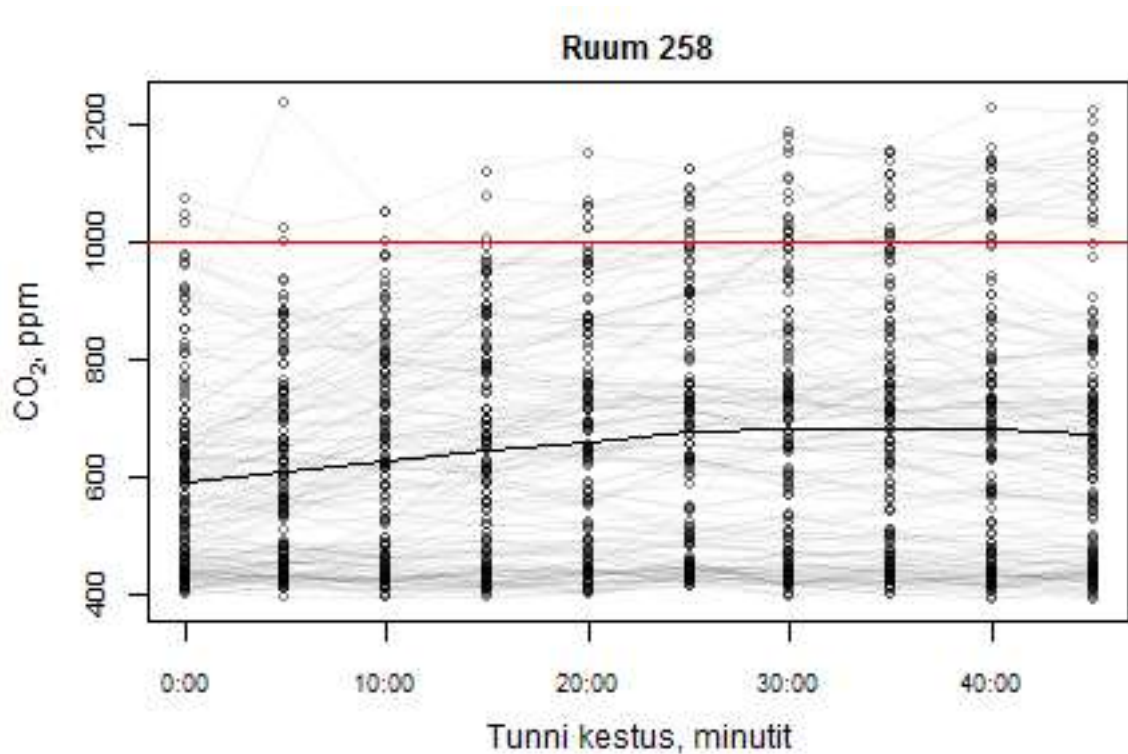
Graafik 194. Raamatukogu (ruum 173) CO<sub>2</sub> taseme muutus ööpäeva lõikes



Graafik 195. Õpilaskodu puhkeruumi (ruum 238) CO<sub>2</sub> taseme muutus ööpäeva lõikes



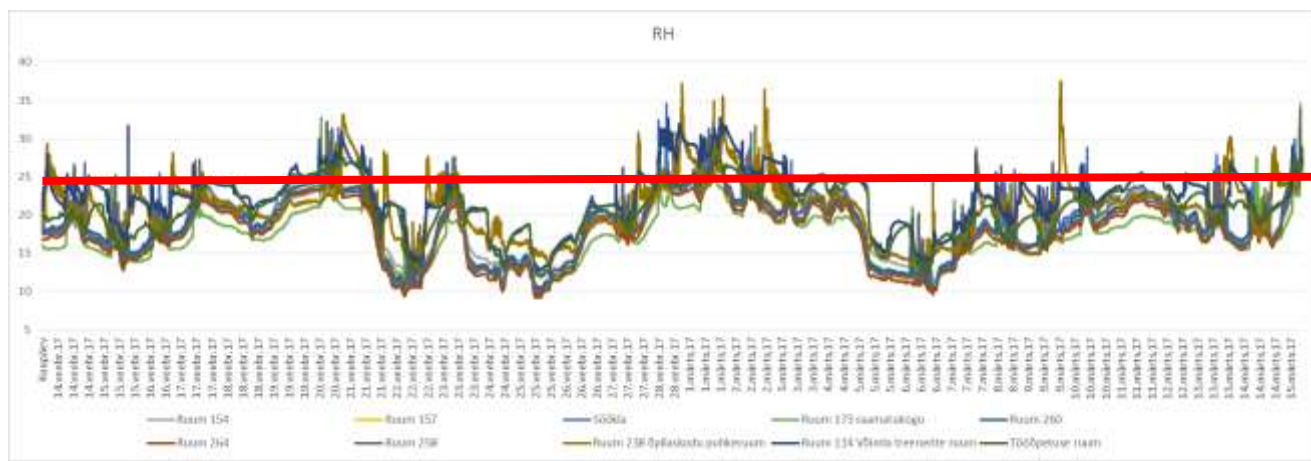
Graafik 196. Ruum 258 CO<sub>2</sub> taseme muutus ööpäeva lõikes



Graafik 197. Ruum 258 CO<sub>2</sub> taseme muutus õppetöö tunni lõikes

Kokkuvõtteks võib väita, et CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> tasemed on osaliselt tingitud ka õpilaste vähesest arvust ruumides.

Suhteline õhuniiskus



Graafik 198. Ruumiõhu suhtelise õhuniiskuse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

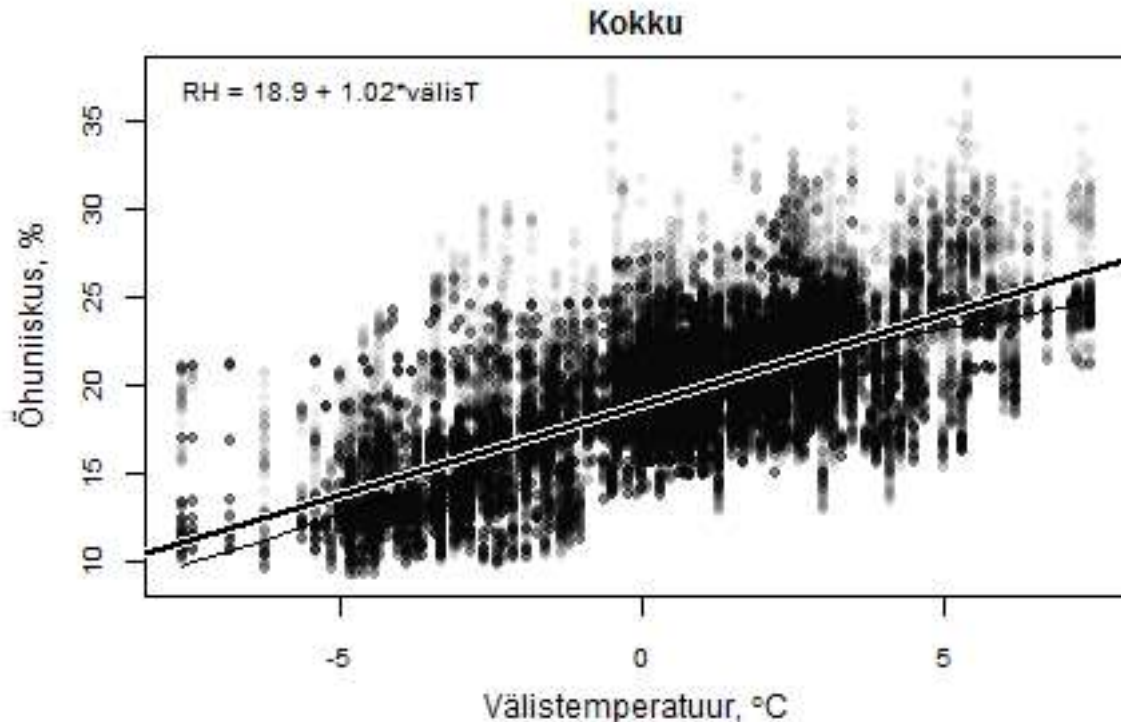
	Ruum 154	Ruum 157	Söökla	Ruum 173	Ruum 260	Ruum 264	Ruum 258	Ruum 238	Ruum 114	Tööõpetu	KOKKU
<b>KOKKU</b>	8592	8592	8593	8592	8592	8592	8592	8593	8593	8592	<b>68739</b>
<b>alla 40 %</b>	8592	8592	8593	8592	8592	8592	8592	8593	8593	8592	<b>68739</b>
<b>alla 25 %</b>	8436	8181	8070	8500	8299	8458	8253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

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
<b>Kokku</b>	<b>19,29</b>	<b>4,086</b>	<b>19,5</b>	<b>9,1</b>	<b>37,5</b>	<b>0,70</b>

**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

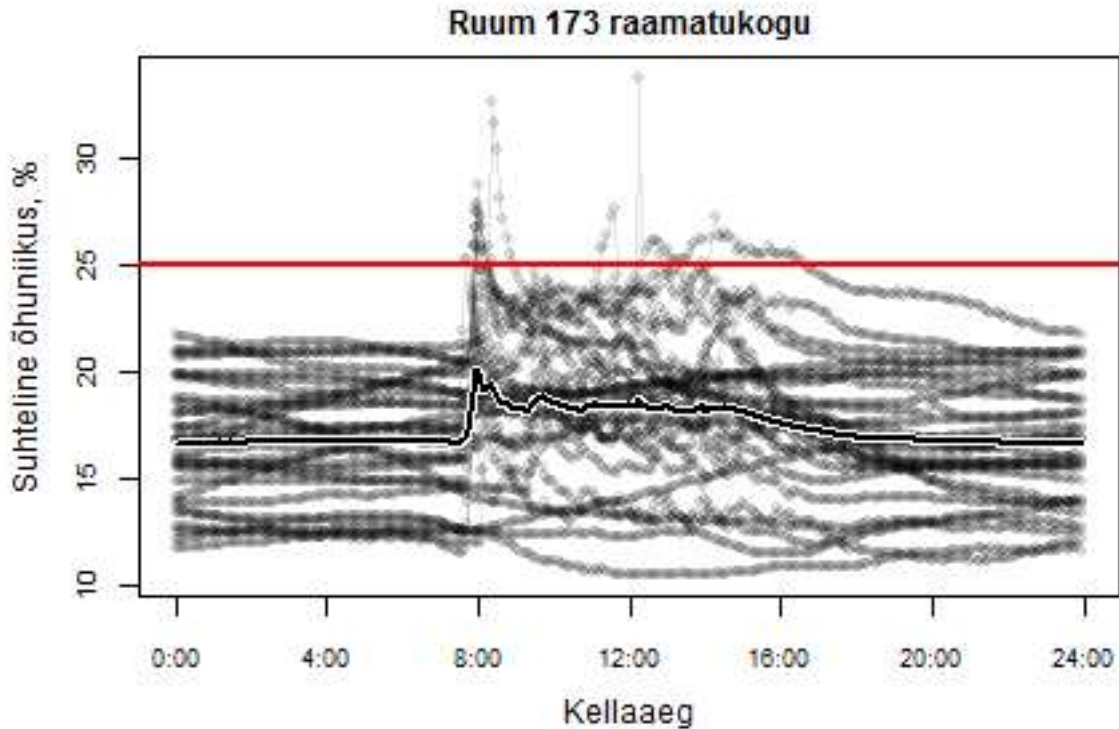
Siseõhu suhteline niiskus on otseses korrelatsioonis välisõhu temperatuuriga. Kõikide siseõhu suhtelise niiskuse mõõtmiste ja välisõhu temperatuuri näitude vaheline korrelatsioon (tabel 79) on vahemikus 0,60-0,83 mis on tugeva seose näitaja. Kõikide ruumide näitude põhjal kokku saadi siseõhu suhtelise 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  $-20^{\circ}\text{C}$  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

Mõõdistuste 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

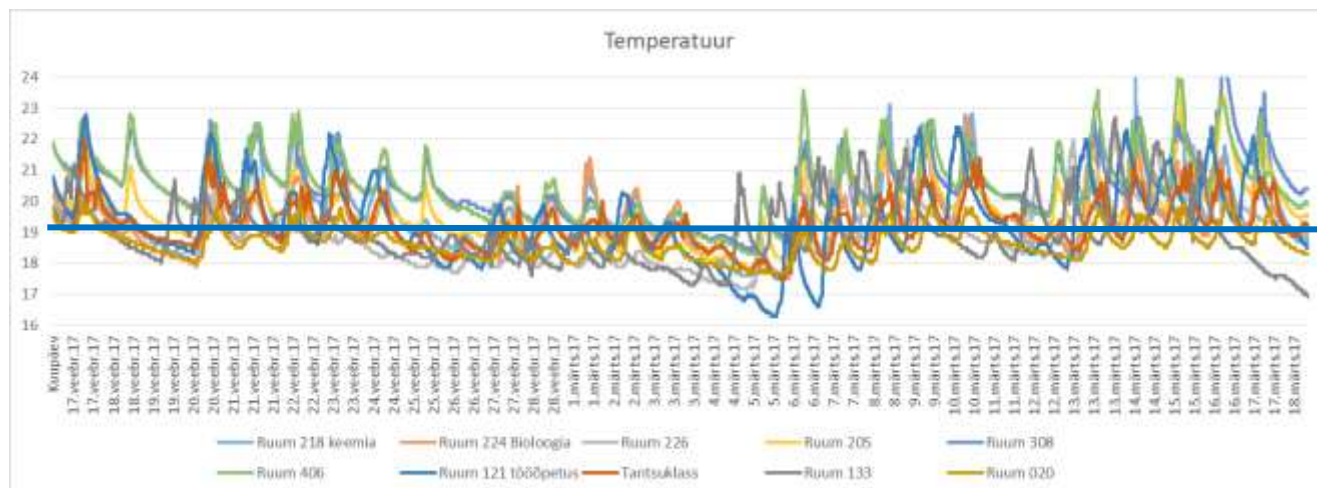
Mõõdistusseadmed: Delta OHM HD35, mõõtmisintervall 5 minutit

Mõõdistuse eripärad:

- Mõõdistused toimusid ajavahemikul kui välistemperatuur oli enamust miinuskraadides. Välisõhu 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



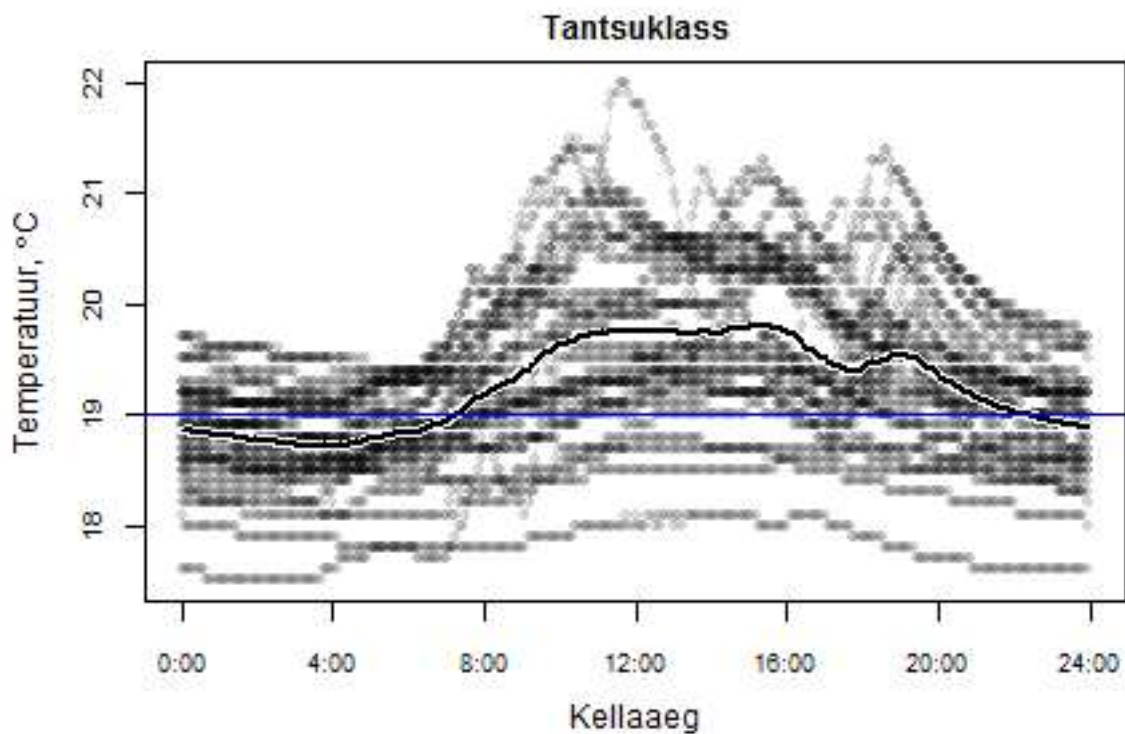
Graafik 201. Temperatuuride muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

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

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

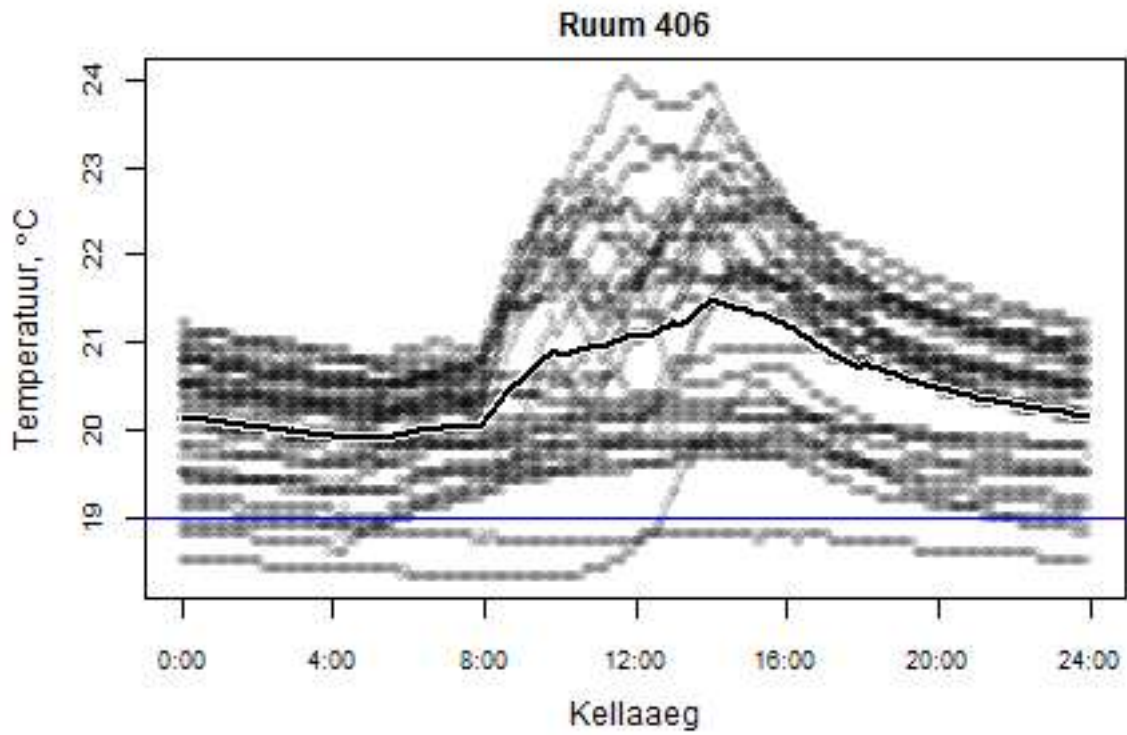
Graafikult 201 ja tabelist 81 lähtub, on suurimat lubatud temperatuuri 26°C pole üheski ruumis ületatud, kuid allapoole minimaalse lubatud temperatuuri 19°C on langenud temperatuur kõikides ruumides. Neist kahes ruumis 308 ja 406 on allapoole lubatud temperatuuri vähesed mõõdistustulemused. Allpool on 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.

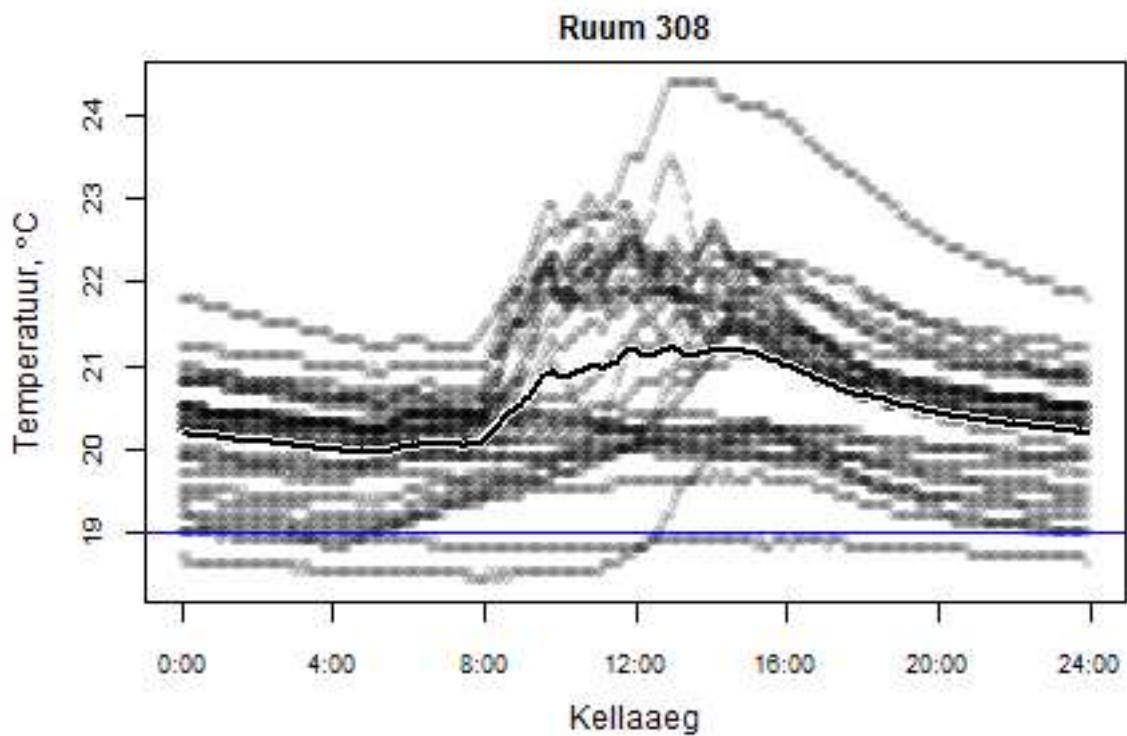


Graafik 202. Tantsuklassi temperatuuri muutus ööpäeva lõikes

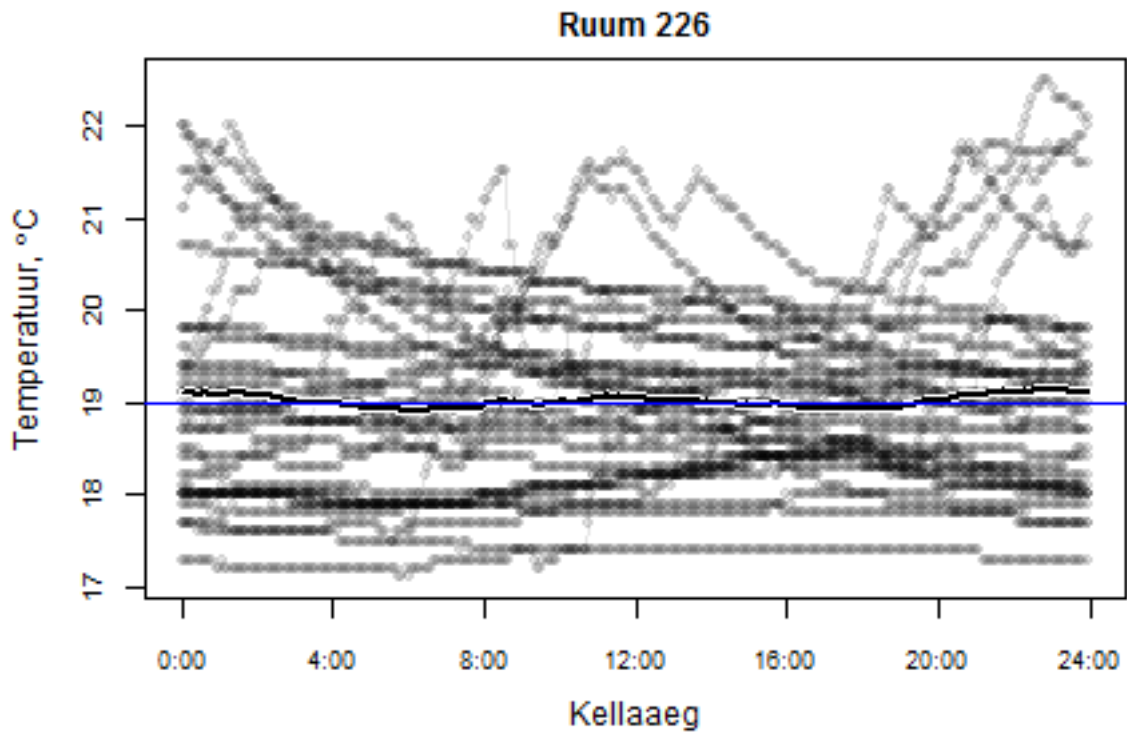




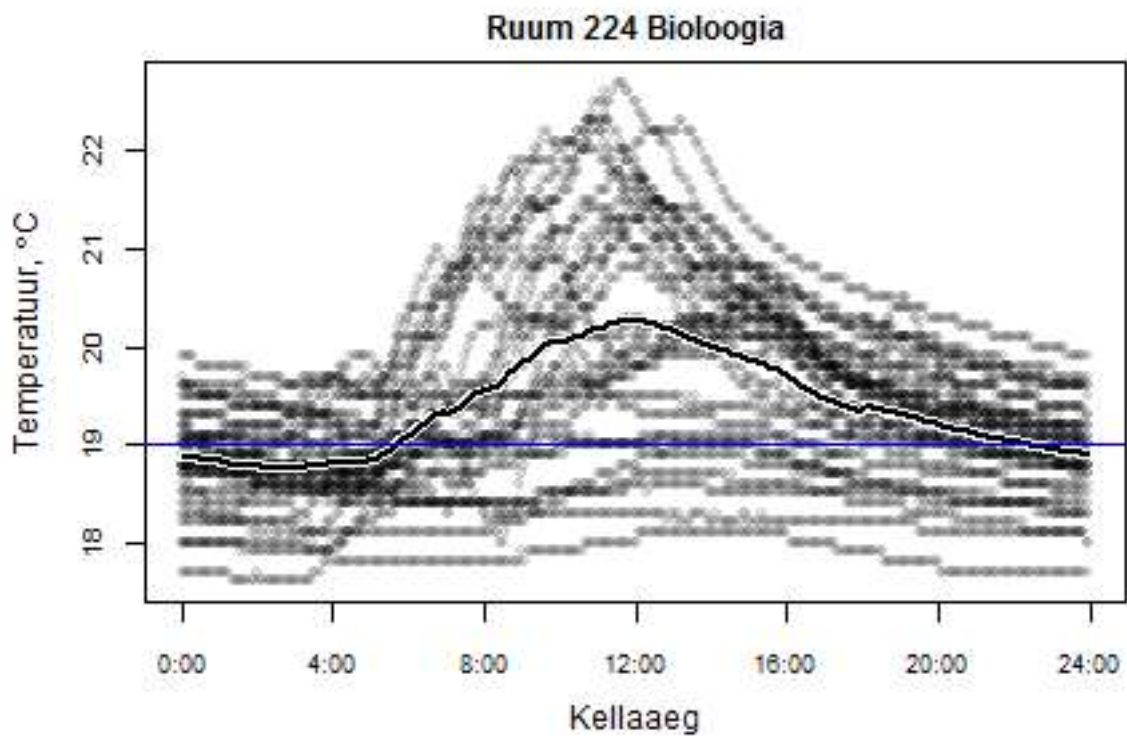
Graafik 203. Ruumi 406 temperatuuri muutus ööpäeva lõikes



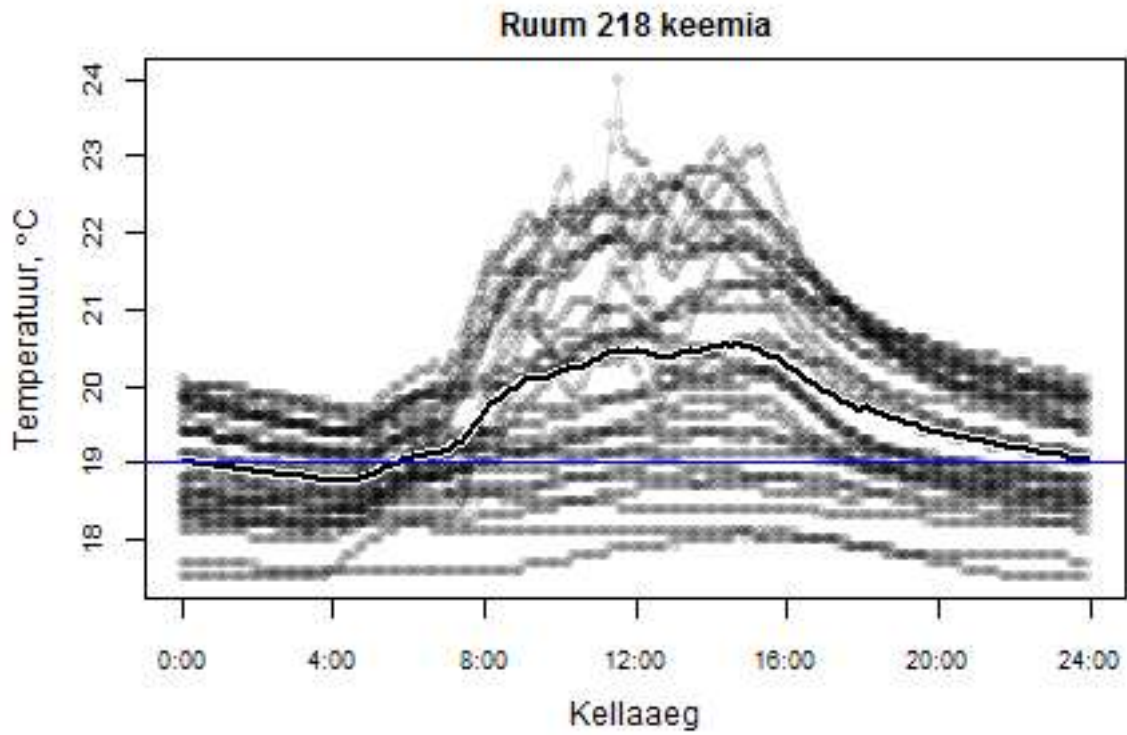
Graafik 204. Ruumi 308 temperatuuri muutus ööpäeva lõikes



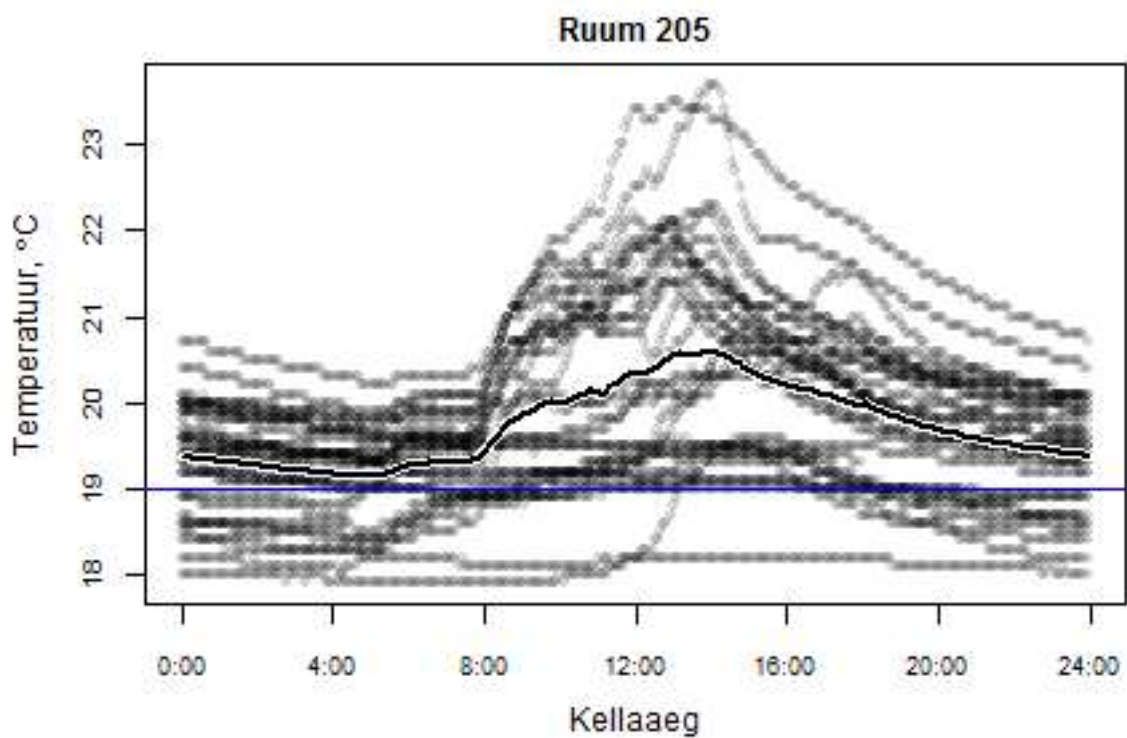
Graafik 205. Ruumi 226 temperatuuri muutus ööpäeva lõikes



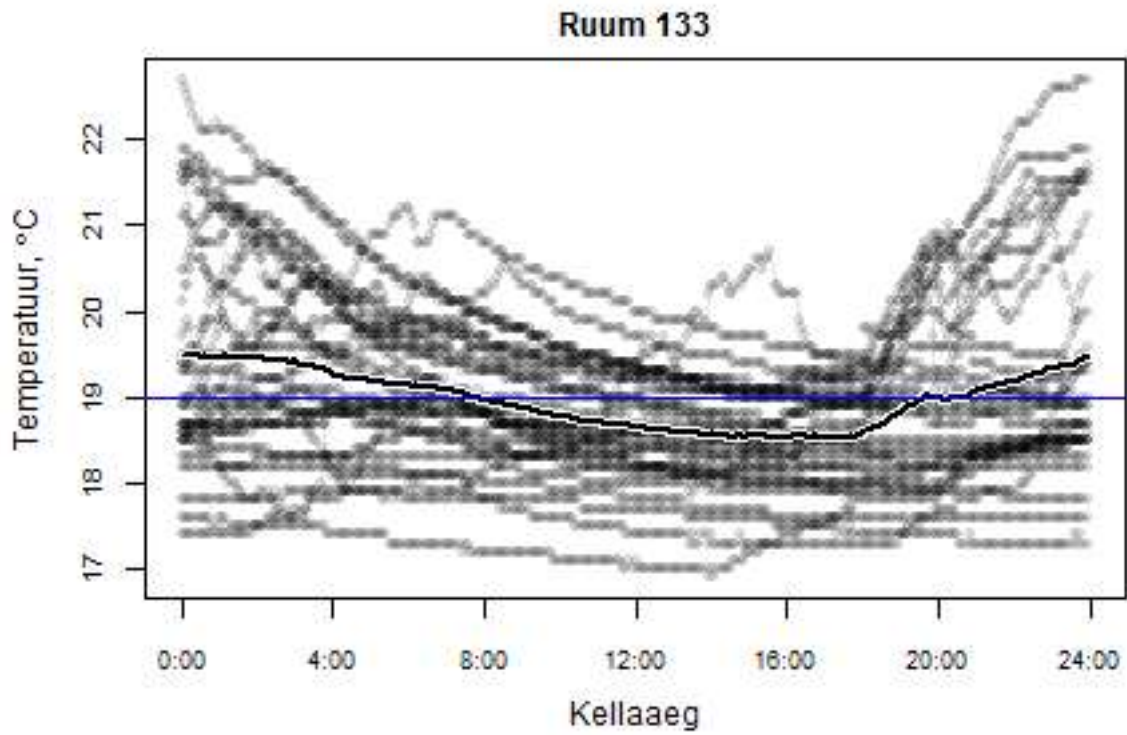
Graafik 206. Ruumi 224 temperatuuri muutus ööpäeva lõikes



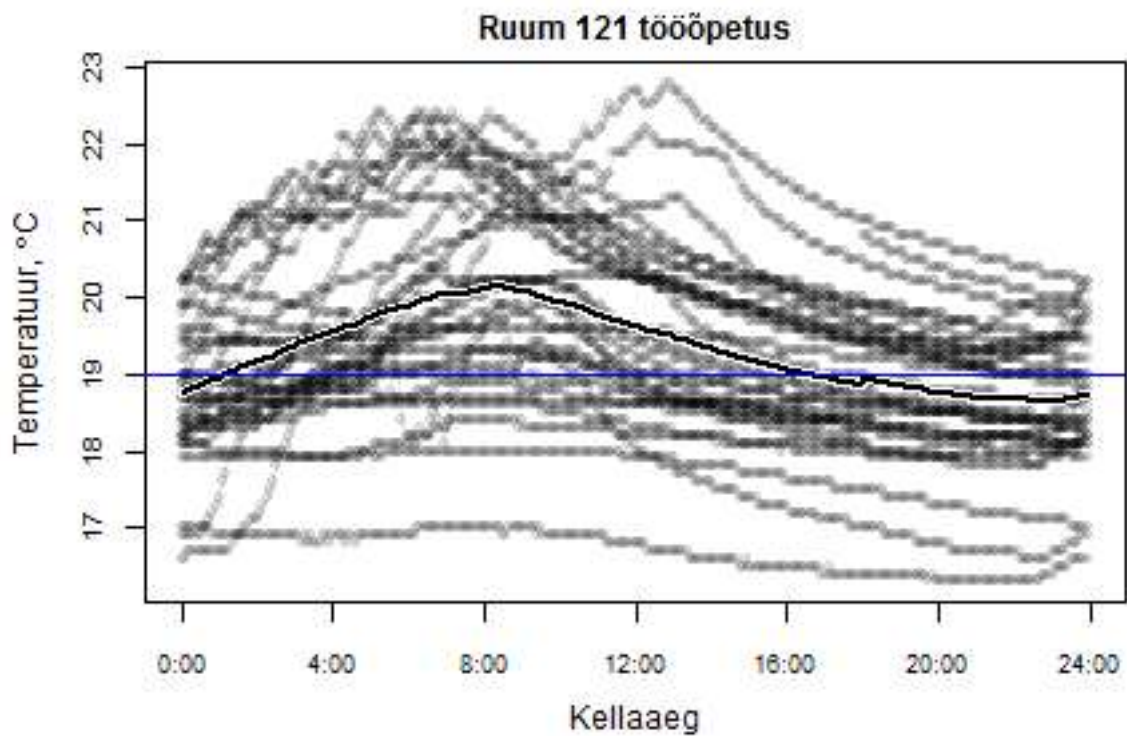
Graafik 207. Ruumi 218 temperatuuri muutus ööpäeva lõikes



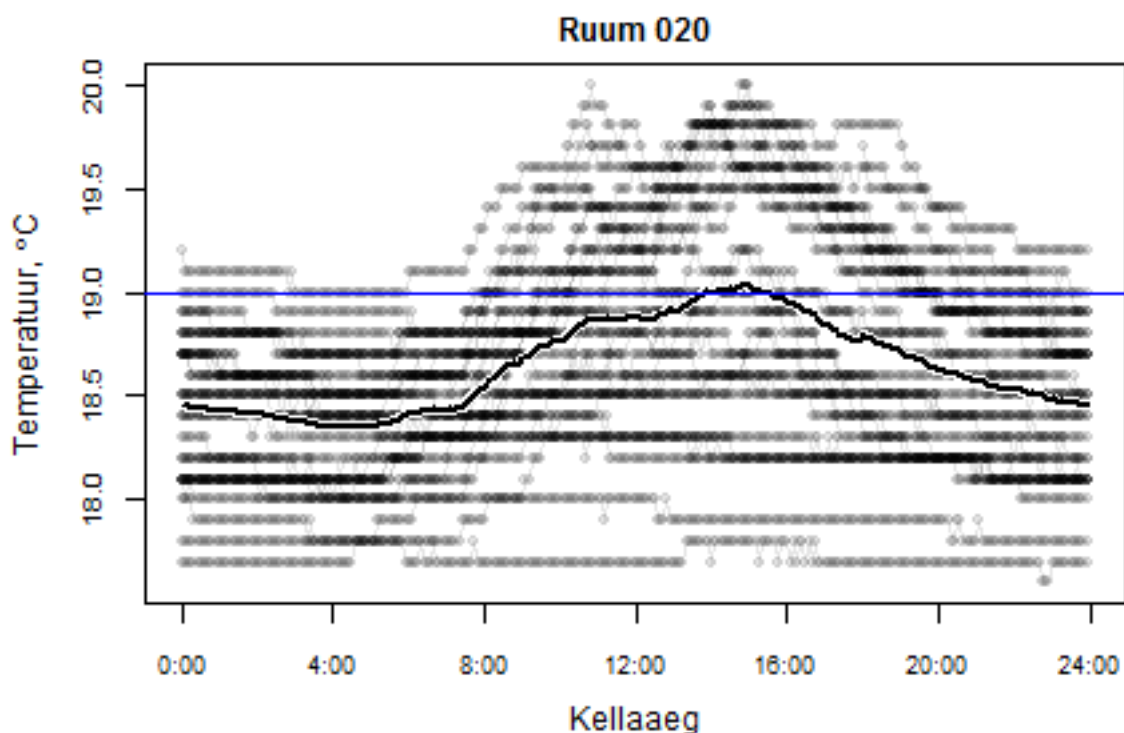
Graafik 208. Ruumi 205 temperatuuri muutus ööpäeva lõikes



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

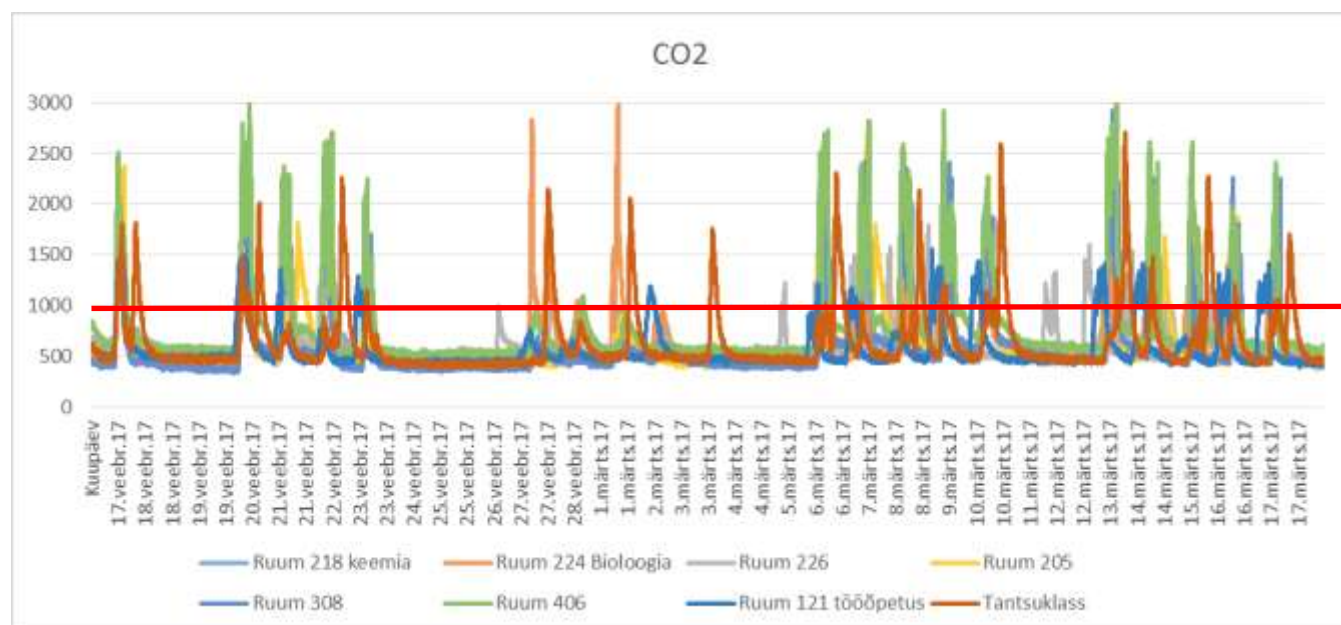
Ruum	Keskmine	Standard- hälve	Mediaan	Miinum	Maksimu m	Muutus minutis
Ruum 121	20,41	1,09	20,5	17,6	22,7	-0,002
Tööõpetus						

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 CO<sub>2</sub> sisaldus ruumiõhus.



Graafik 212. Ruumiõhu CO<sub>2</sub> 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
<b>KOKKU</b>	11124	11081	10344	11185	11185	11185	10900	11119	10672	11184	<b>87774</b>
<b>Üle 1000 ppm</b>	1313	1311	652	1641	1328	1669	834	1190	1400	1190	<b>9904</b>
<b>Üle 1000 ppm</b>	11,8%	11,8%	6,3%	14,7%	11,9%	14,9%	7,7%	10,7%	13,1%	10,6%	<b>11,3%</b>

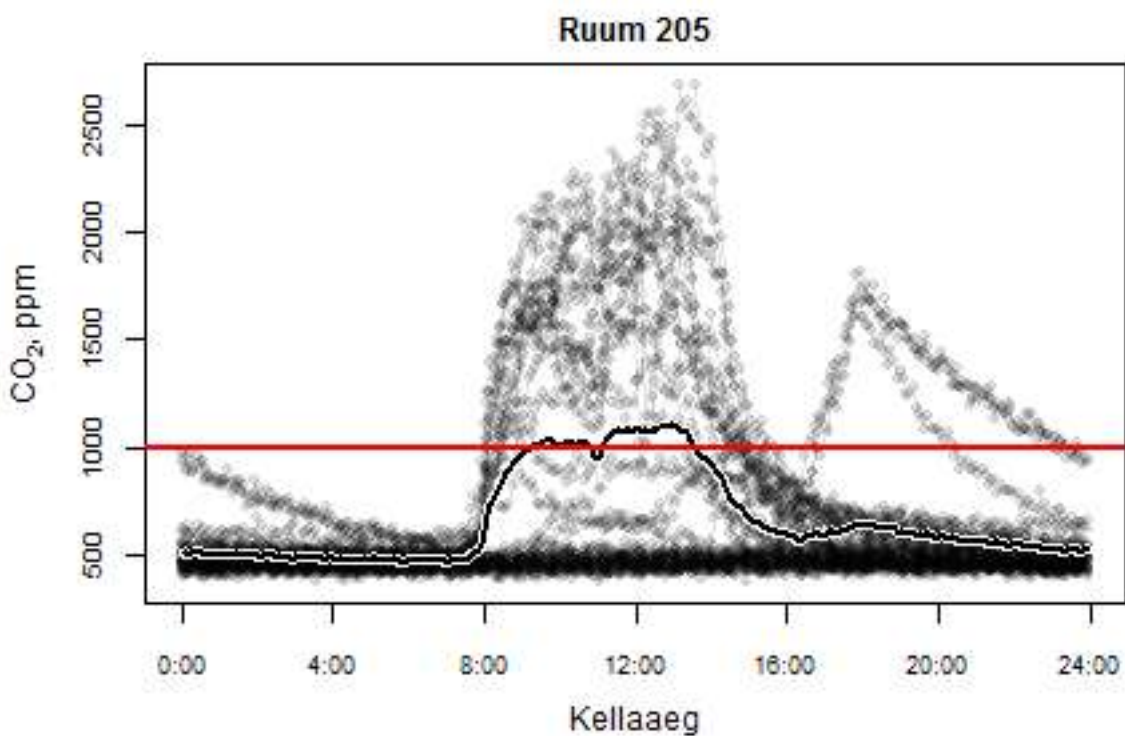
Tabel 84. Lubatud CO<sub>2</sub> taseme 1000 ppm ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 212 ja tabelist 84 lähtub, et CO<sub>2</sub> sisaldus ületab kõigis ruumides mingi ajaperioodi vältel lubatu piiri. Tabelist 85 on näha, et ka tundide ajal on keskmine CO<sub>2</sub> tase kõrgem lubatud piirmäärast 1000 ppm viies ruumis 205, 218, 224, 308 ja 406. Allpool toodud graafikutel on nende ruumide CO<sub>2</sub> taseme jaotused ööpäeva lõikes. Graafikutelt 213-217 on

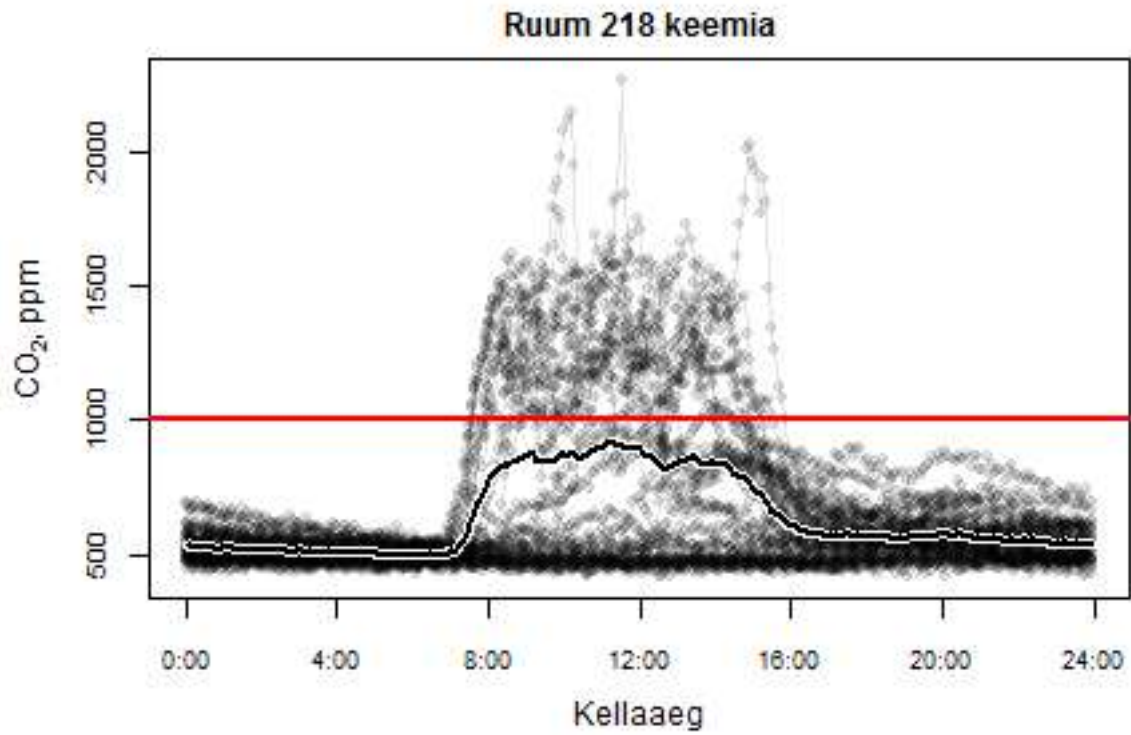
näha, et õppetöö tundide ajal tõuseb CO<sub>2</sub> tase üle lubatud piirmäära ulatudes kohati üle 3000 ppm.

Ruum	Keskmine	Standard- hälve	Mediaan	Miinum	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

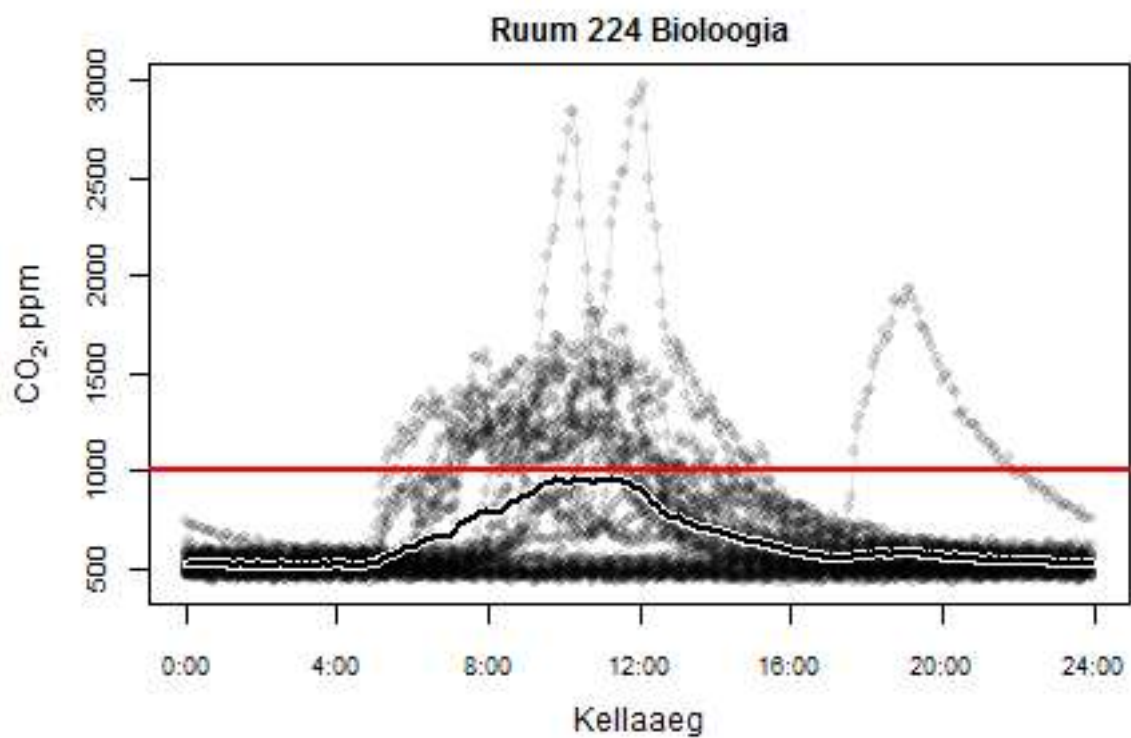
**Tabel 85.** CO<sub>2</sub>-sisalduse (ppm) olulisemad arvarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul



Graafik 213. Ruumi 205 õhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus ööpäeva lõikes

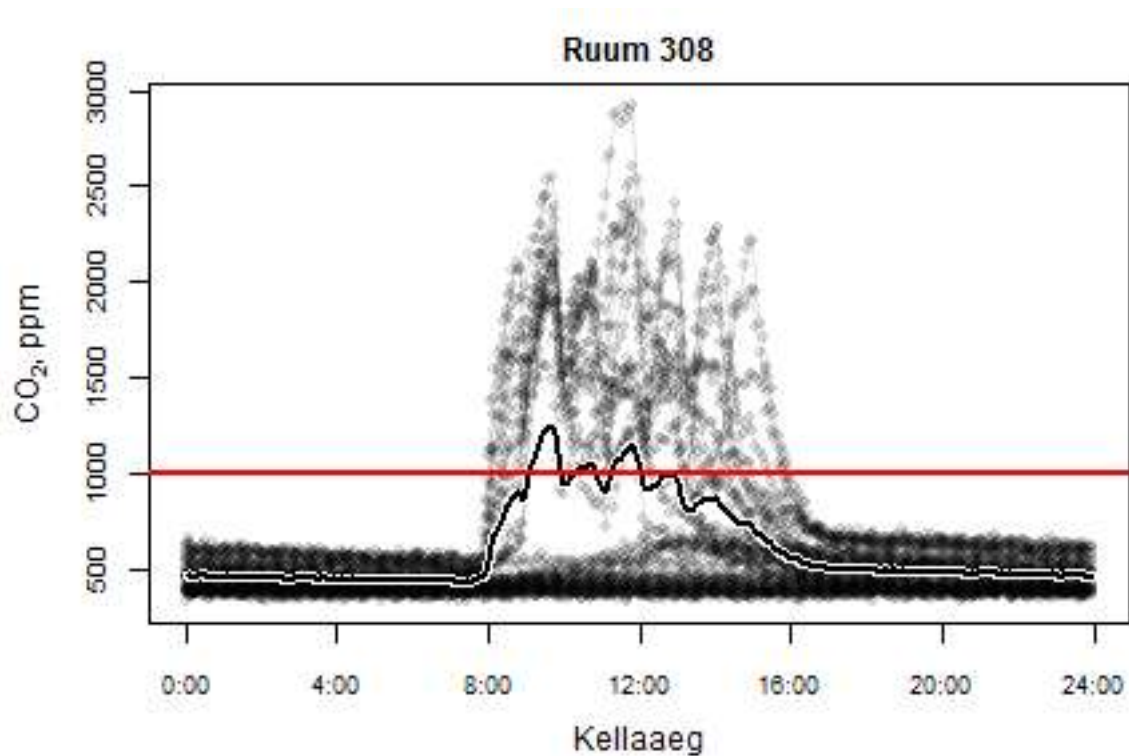


Graafik 214. Ruumi 218 õhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus ööpäeva lõikes

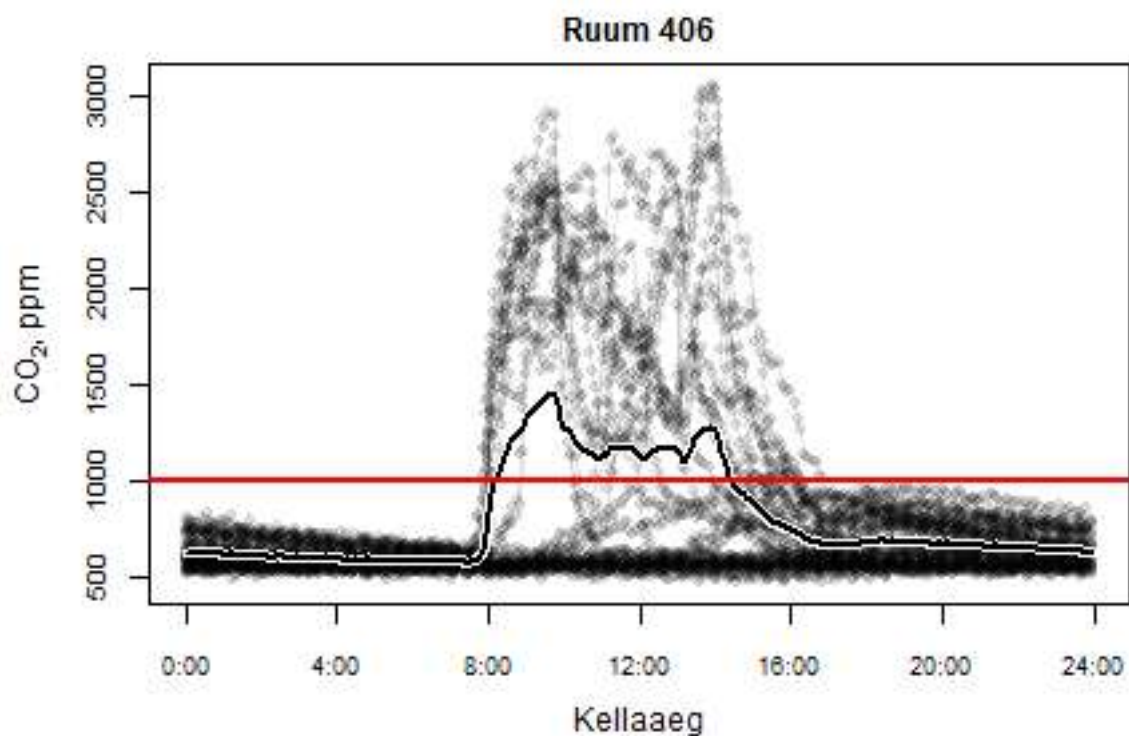


Graafik 215. Ruumi 224 õhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus ööpäeva lõikes





Graafik 216. Ruumi 308 õhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus ööpäeva lõikes



Graafik 217. Ruumi 406 õhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus ööpäeva lõikes

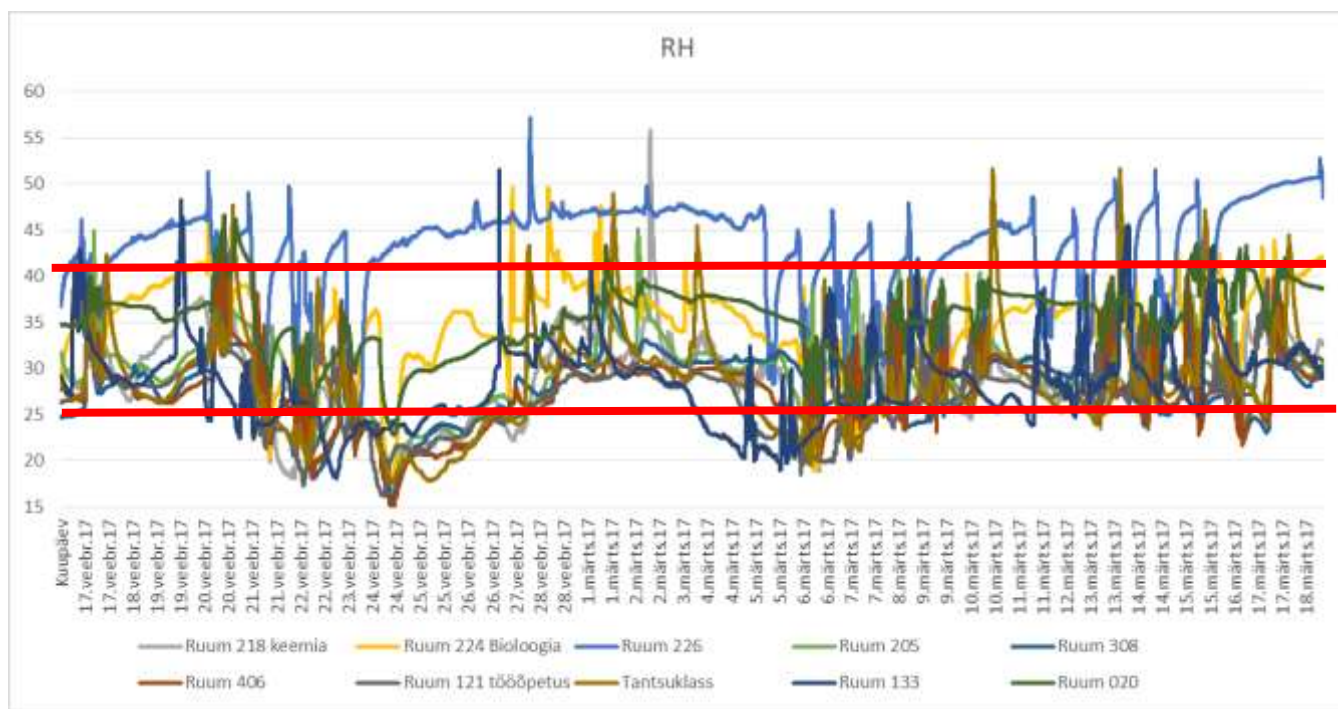
Vahetundide ajal CO<sub>2</sub> tase küll langeb (tabel 86), kuid mitte piisavalt ehk õppetöö tundide ajal klassiruumides CO<sub>2</sub> tase kumuleerub. Klassiruumides 218 ja 226 CO<sub>2</sub> tase vahetunni ajal keskmiselt hoopis tõuseb. See näitab, et õpilased viibivad ka vahetundide ajal klassiruumis.

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.** CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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
<b>KOKKU</b>	11124	11081	10344	11185	11185	11185	10900	11119	10672	11184	<b>98855</b>
<b>alla 40 %</b>	10876	9380	2002	11080	11154	11150	10900	10682	10486	10440	<b>87274</b>
<b>alla 25 %</b>	1676	513	0	1206	2314	2002	2702	2162	1809	81	<b>12789</b>
<b>alla 40 %</b>	97,8%	84,6%	19,4%	99,1%	99,7%	99,7%	100,0%	96,1%	98,3%	93,3%	<b>88,3%</b>
<b>alla 25 %</b>	15,1%	4,6%	0,0%	10,8%	20,7%	17,9%	24,8%	19,4%	17,0%	0,7%	<b>12,9%</b>

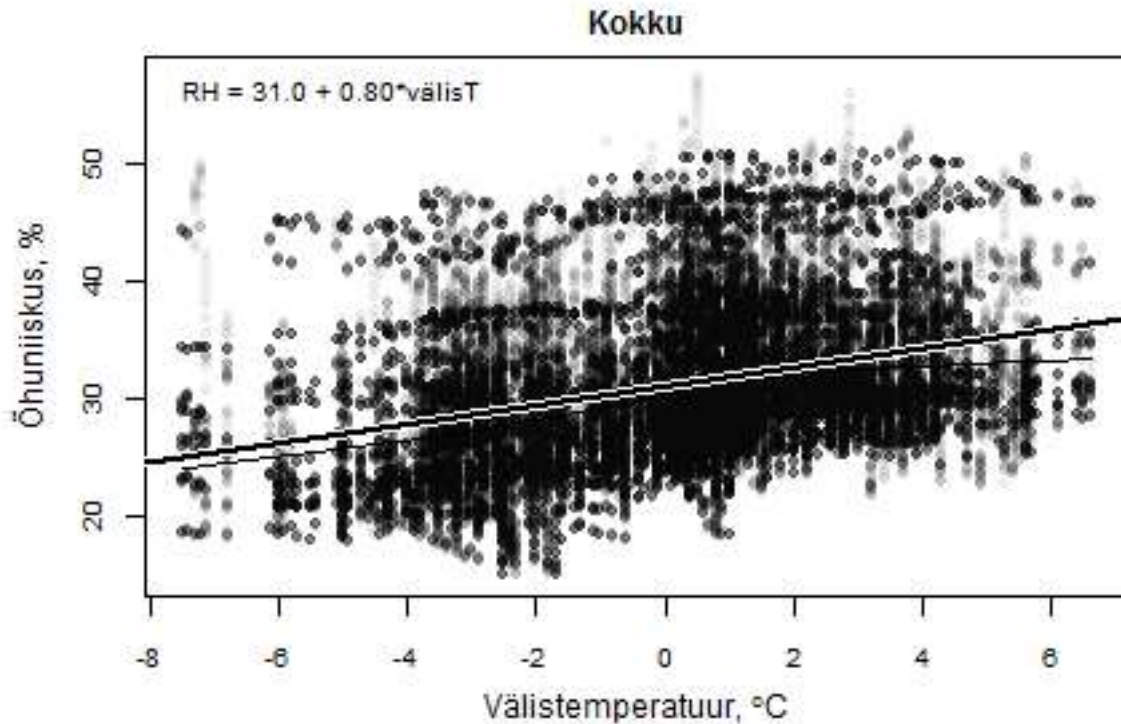
Tabel 87. Mõõtmiste arv allapoole lubatud õhu suhtelise niiskuse tasemeid koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

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.

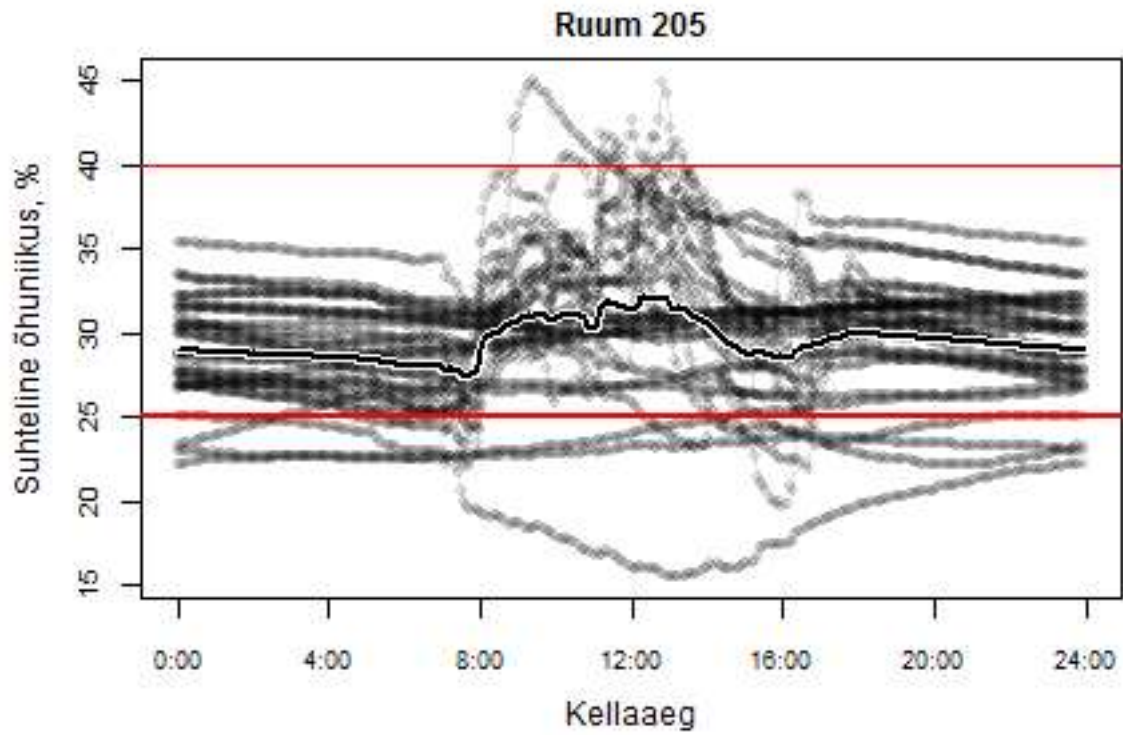


Graafik 219. Siseõhu suhtelise niiskuse ja välisõhu temperatuuri vaheline seos

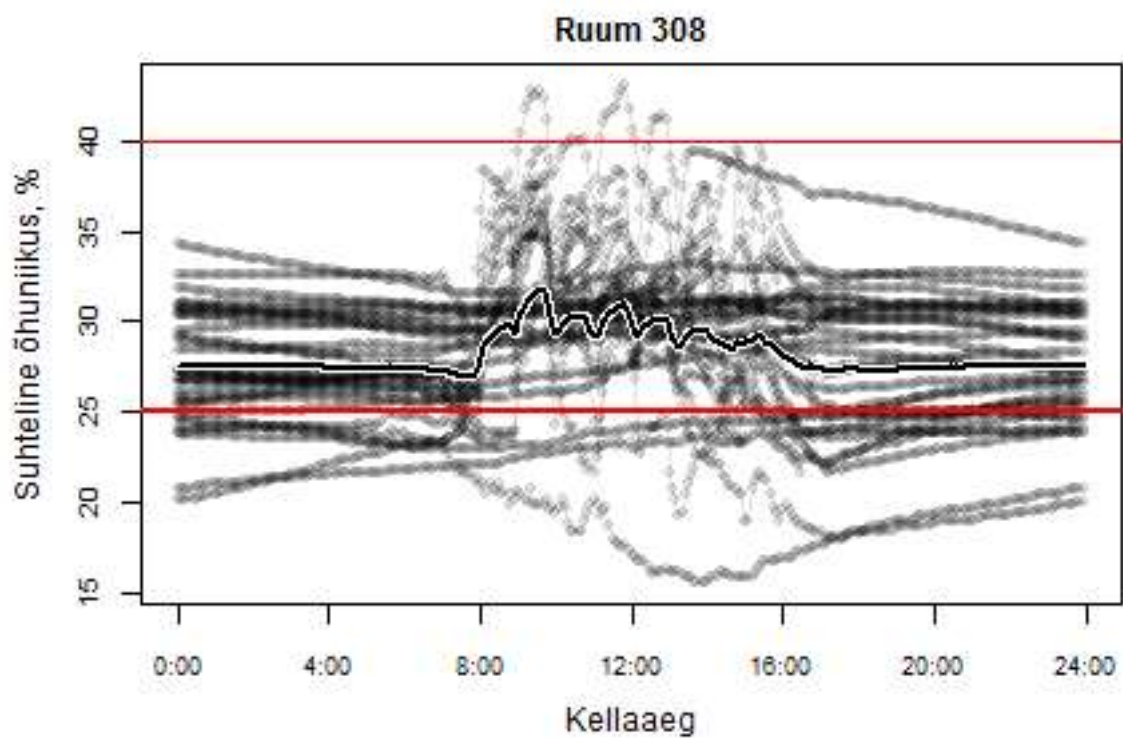
Kui analüüsida suhtelist õhuniiskust õppetöö tundide ajal (tabel 89), siis on näha, et kõikides ruumides on suhtelise õhuniiskuse keskmine tase kõrgem minimaalsest lubatust. Sama näitavad ka graafikud 220-223, kus on näha suhtelise õhuniiskuse tõus tundide ajal.

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

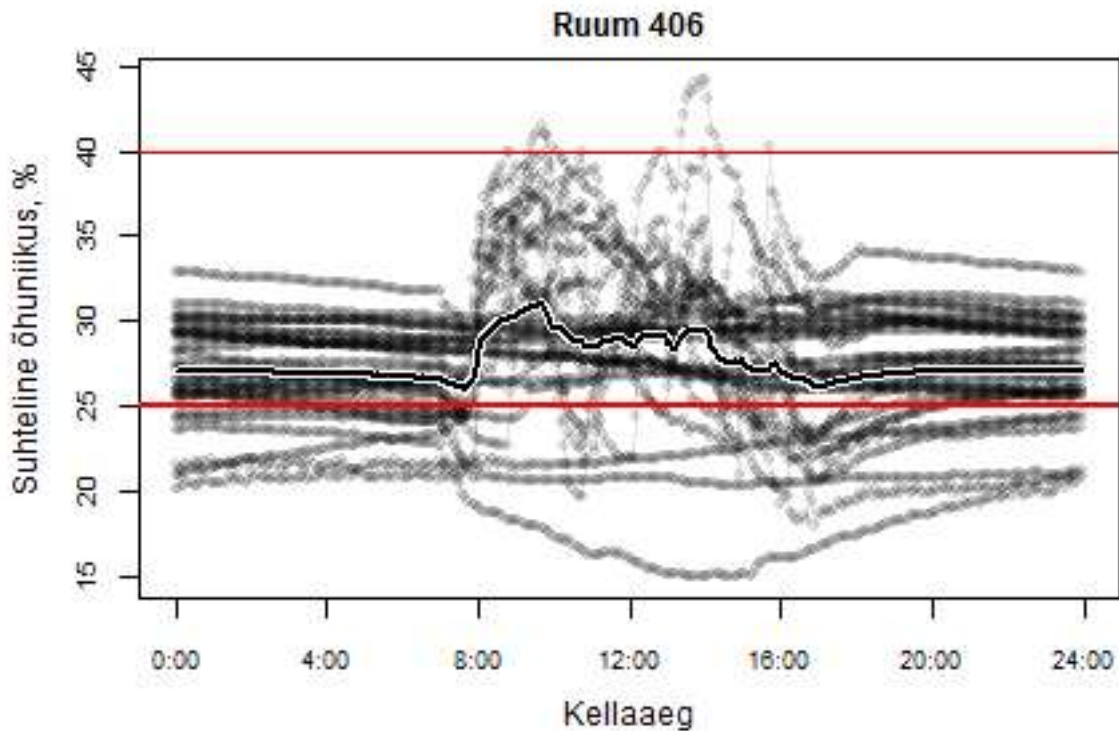
**Tabel 89.** Suhtelise õhuniiskuse (%) olulisemad arvarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul



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  $-20^{\circ}\text{C}$  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

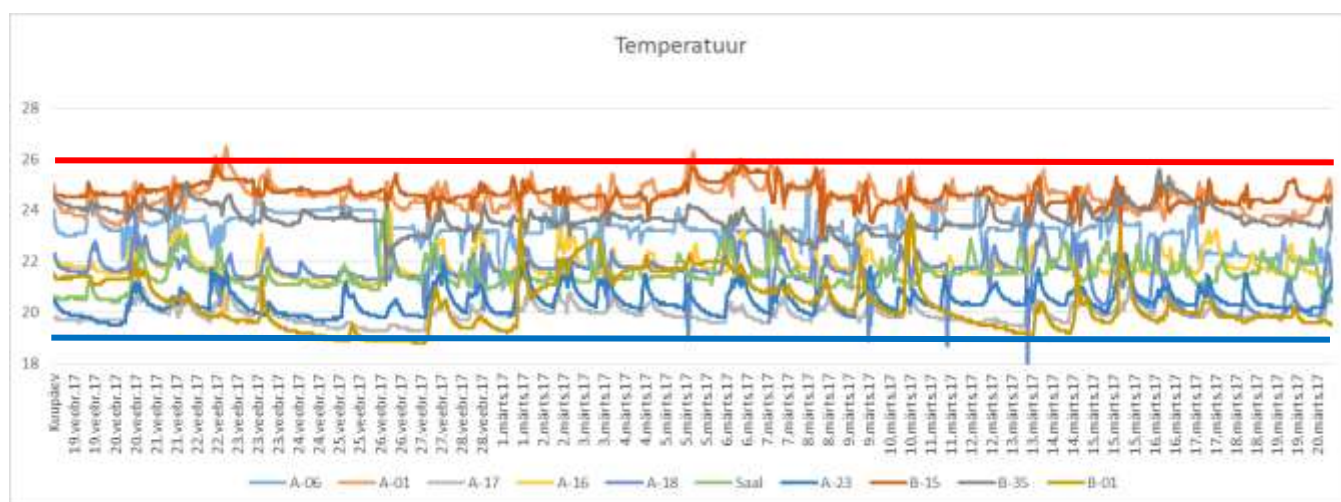
Mõõdistusseadmed: Delta OHM HD35, mõõtmisintervall 5 minutit

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.

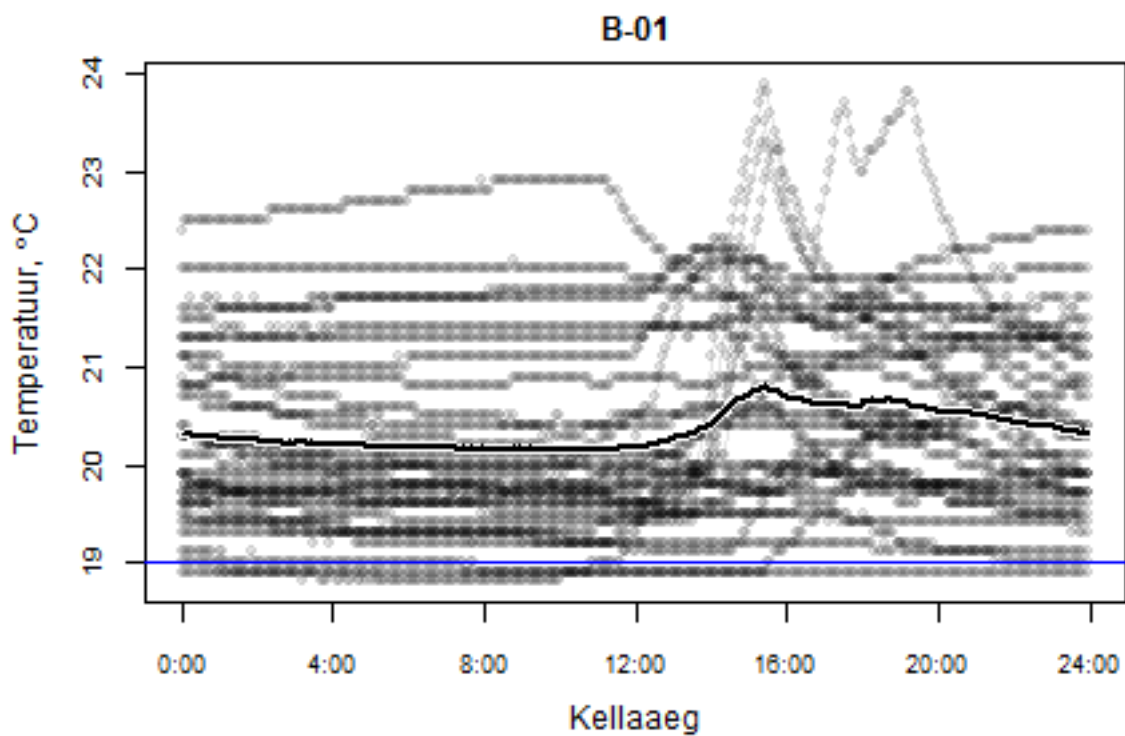
	A-06	A-01	A-17	A-16	A-18	Saal	A-23	B-15	B-35	B-01	KOKKU
<b>KOKKU</b>	10527	10609	10608	10608	10608	10083	10608	10609	10609	10608	<b>105477</b>
<b>Üle 26 °C</b>	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>50</b>
<b>alla 19 °C</b>	0	0	0	0	12	0	0	0	0	499	<b>511</b>
<b>Üle 26 °C</b>	0,0%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%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

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.

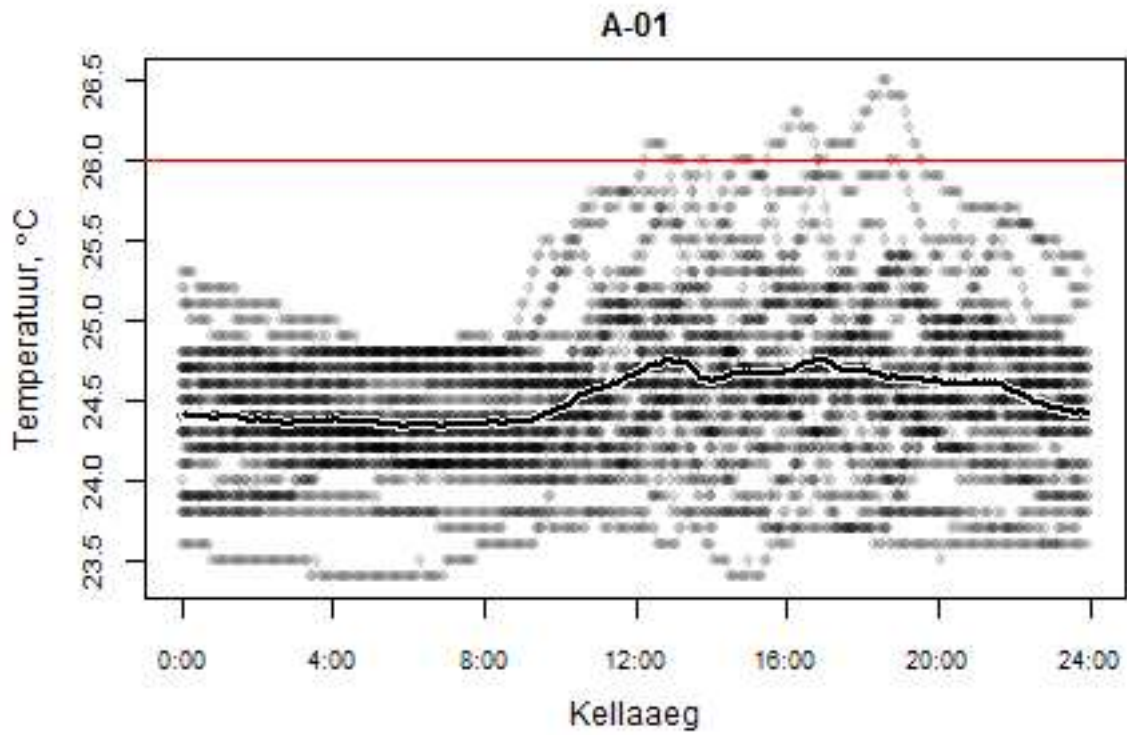
Ruum	Keskmine	Standardhälve	Mediaan	Miinumum	Maksimum	Korrelatsioon välistemp,-ga
A-06	23,20	0,60	23,3	20,9	25,2	-0,16
A-01	24,52	0,49	24,5	23,4	26,5	-0,40
A-17	19,96	0,34	19,9	19,3	21,0	0,35
A-16	21,86	0,49	21,7	19,8	24,0	0,22
A-18	21,50	0,71	21,6	18,0	23,9	-0,03
Saal	21,49	0,52	21,4	20,2	24,2	-0,20
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.**  hutemperatuuri ( C) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi m otmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas m o detud välistemperatuuriga

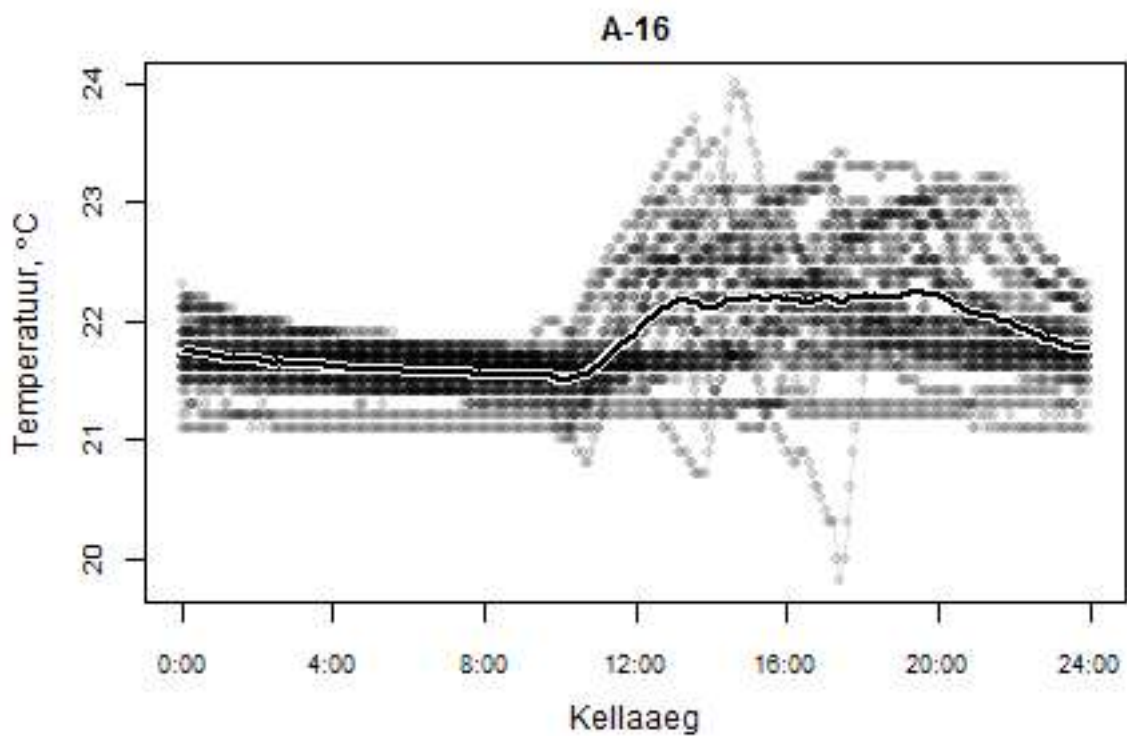


Graafik 224. Temperatuuri muutus ruumis B-01  op eva lõikes.



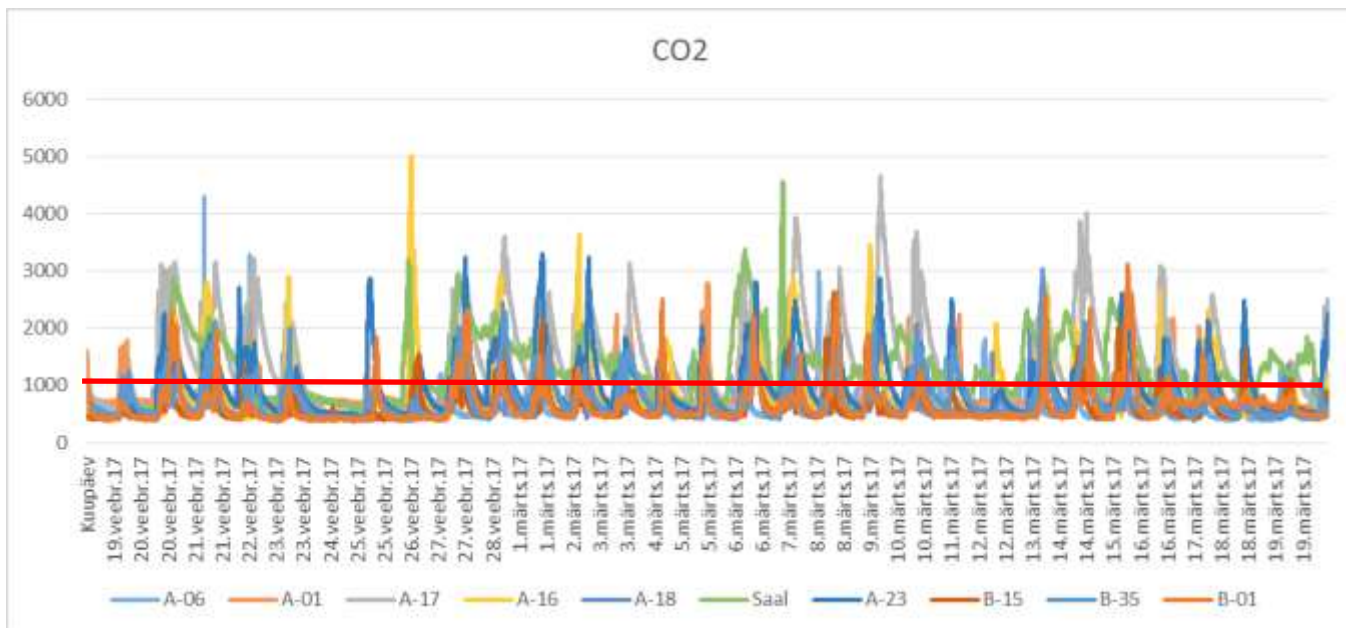


Graafik 225. Temperatuuri muutus ruumis A-01 ööpäeva lõikes.



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

Süsinikdioksiidi CO<sub>2</sub> sisaldus ruumiõhus.

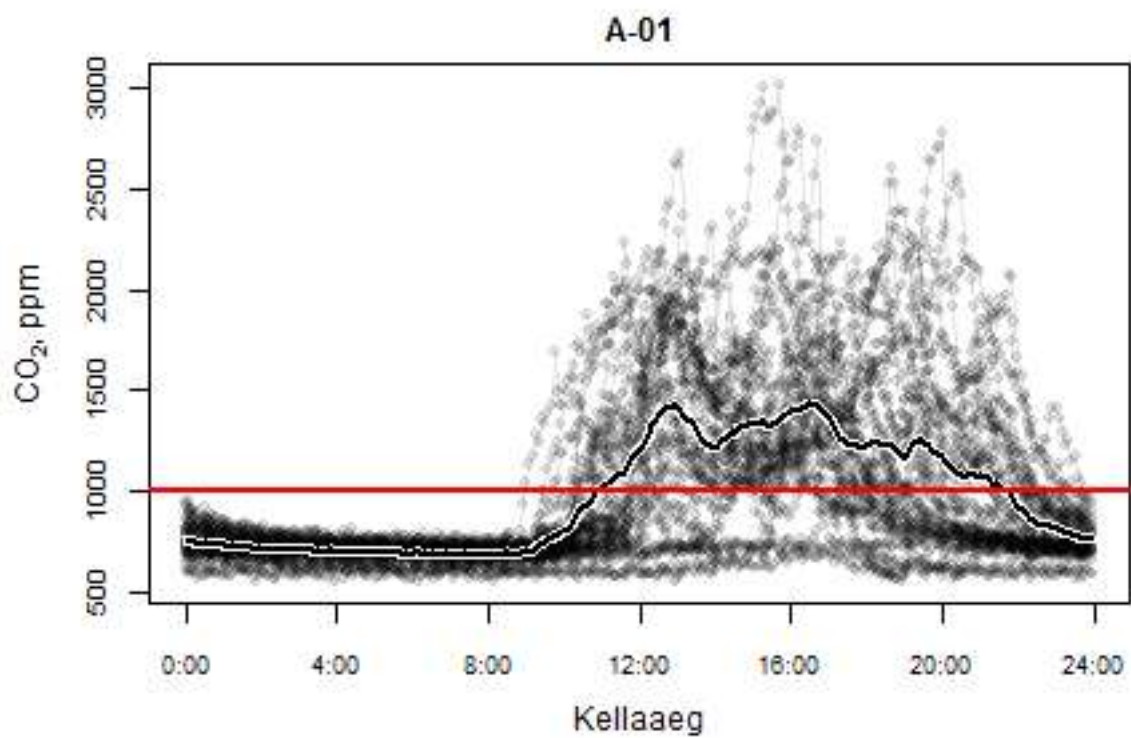


Graafik 227. Ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses (mikroliitrit ppm liitris õhus).

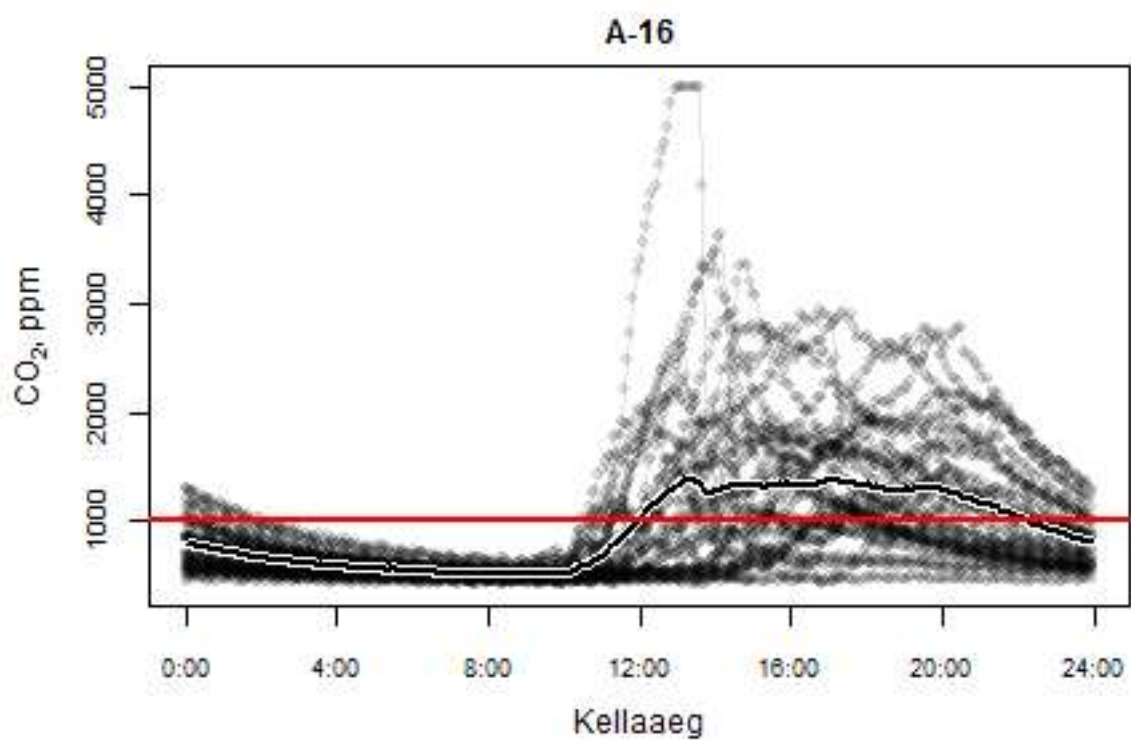
	A-06	A-01	A-17	A-16	A-18	Saal	A-23	B-15	B-35	B-01	KOKKU
<b>KOKKU</b>	10527	10609	10608	10608	10608	10083	10608	10609	10609	10608	<b>84341</b>
<b>Üle 1000 ppm</b>	1569	3319	6454	3093	1176	5699	4237	993	1899	1029	<b>24580</b>
<b>Üle 1000 ppm</b>	14,9%	31,3%	60,8%	29,2%	11,1%	56,5%	39,9%	9,4%	17,9%	9,7%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

Tabel 92. Lubatud CO<sub>2</sub> taseme 1000 ppm ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

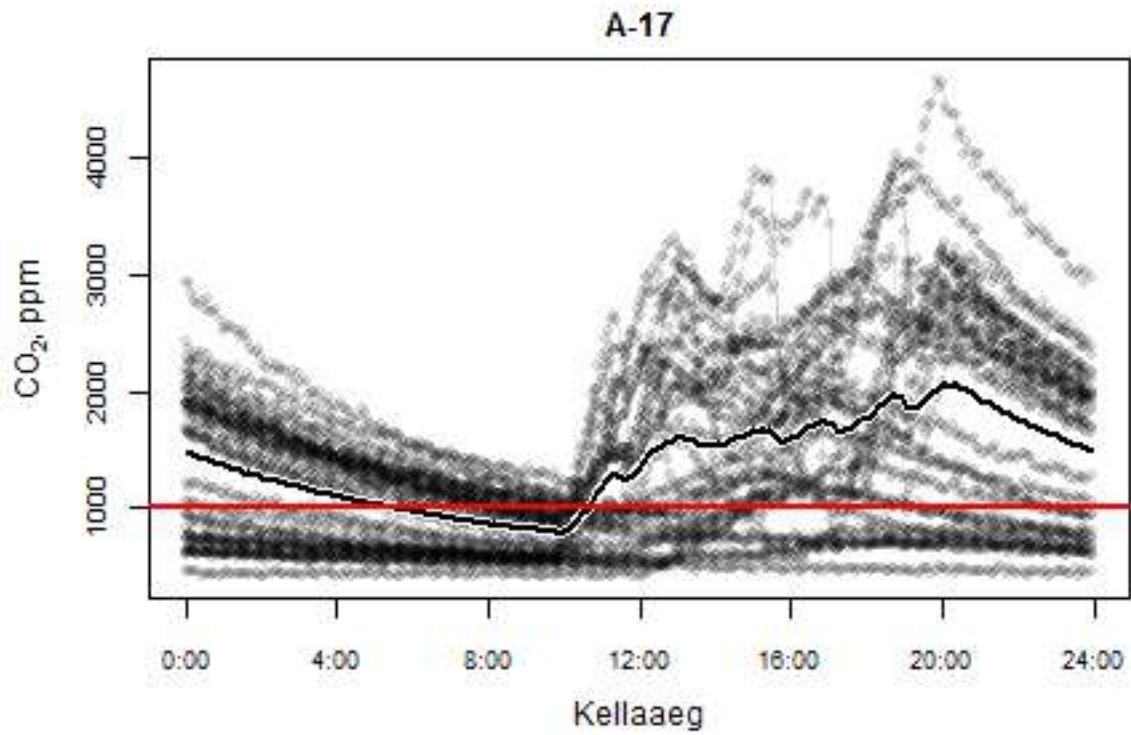
Graafikult 227 ja tabelist 92 lähtub, et CO<sub>2</sub> sisaldus ületab kõigis ruumides mingi ajaperioodi vältel lubatu piiri. CO<sub>2</sub> tasemed ulatuvad isegi kuni 5000 ppm-ni, mis on väga kõrge tase. Kuna tunniplaan Georg Otsa nimelises Tallinna Muusikakoolis on väga ebaühtlane, siis on järgnevalt lisatud kõige probleemsemate ruumide CO<sub>2</sub> sisalduste muutuste graafikud ööpäeva lõikes. Graafikutelt ja tabelist 93 on näha, et tundide lõpuks tõuseb CO<sub>2</sub> tase oluliselt. Maksimaalsed CO<sub>2</sub> tasemed ulatuvad tundide ajal kuni 4656 ppm (tabel 93). Ruumis A-17 kumuleerub CO<sub>2</sub> tase nii kõrgele, et alles kella 4 ajal hommikutundidel langeb CO<sub>2</sub> tase allapoole lubatud piiri. Kõik need näitajad on tingitud vähesest ruumide õhuvahetusest.



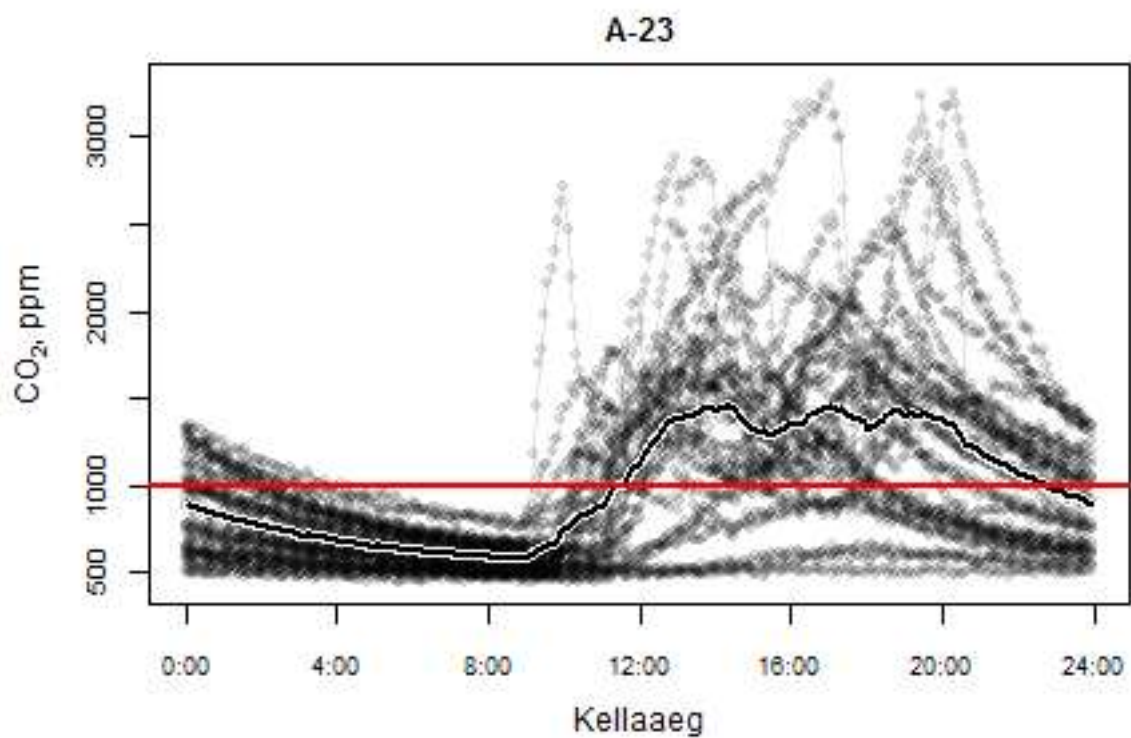
Graafik 228. Ruumi A-01 õhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus ööpäeva lõikes



Graafik 229. Ruumi A-16 õhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus ööpäeva lõikes



Graafik 230. Ruumi A-17 õhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus ööpäeva lõikes



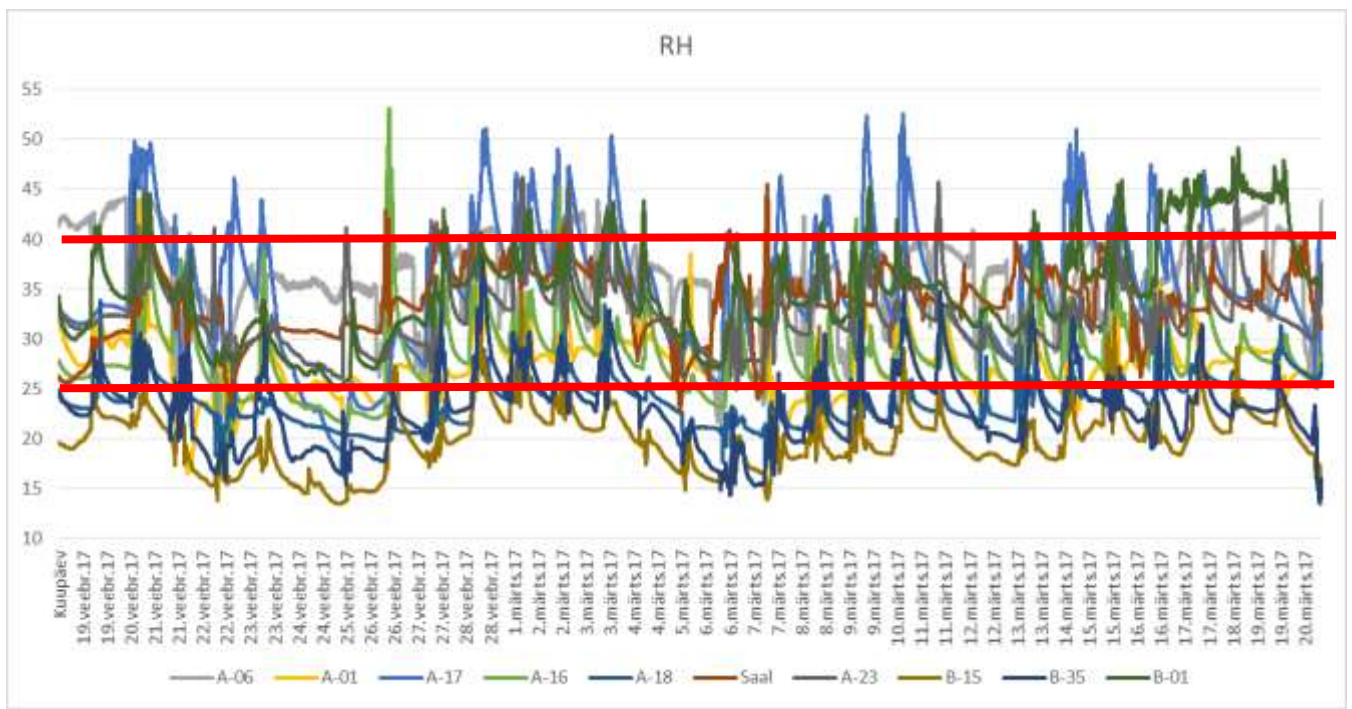
Graafik 231. Ruumi A-23 õhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus ööpäeva lõikes

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.** CO<sub>2</sub>-sisalduse (ppm) olulisemad arvarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul

Kokkuvõtteks võib väita, et CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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
<b>KOKKU</b>	10527	10609	10608	10608	10608	10083	10608	10609	10609	10608	<b>94950</b>
<b>alla 40 %</b>	7590	10599	8042	10515	10607	9862	10237	10609	10609	8278	<b>89358</b>
<b>alla 25 %</b>	145	1846	611	1371	7113	212	1	9959	7892	6	<b>29011</b>
<b>alla 40 %</b>	72,1%	99,9%	75,8%	99,1%	100,0%	97,8%	96,5%	100,0%	100,0%	78,0%	<b>94,1%</b>
<b>alla 25 %</b>	1,4%	17,4%	5,8%	12,9%	67,1%	2,1%	0,0%	93,9%	74,4%	0,1%	<b>30,6%</b>

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.

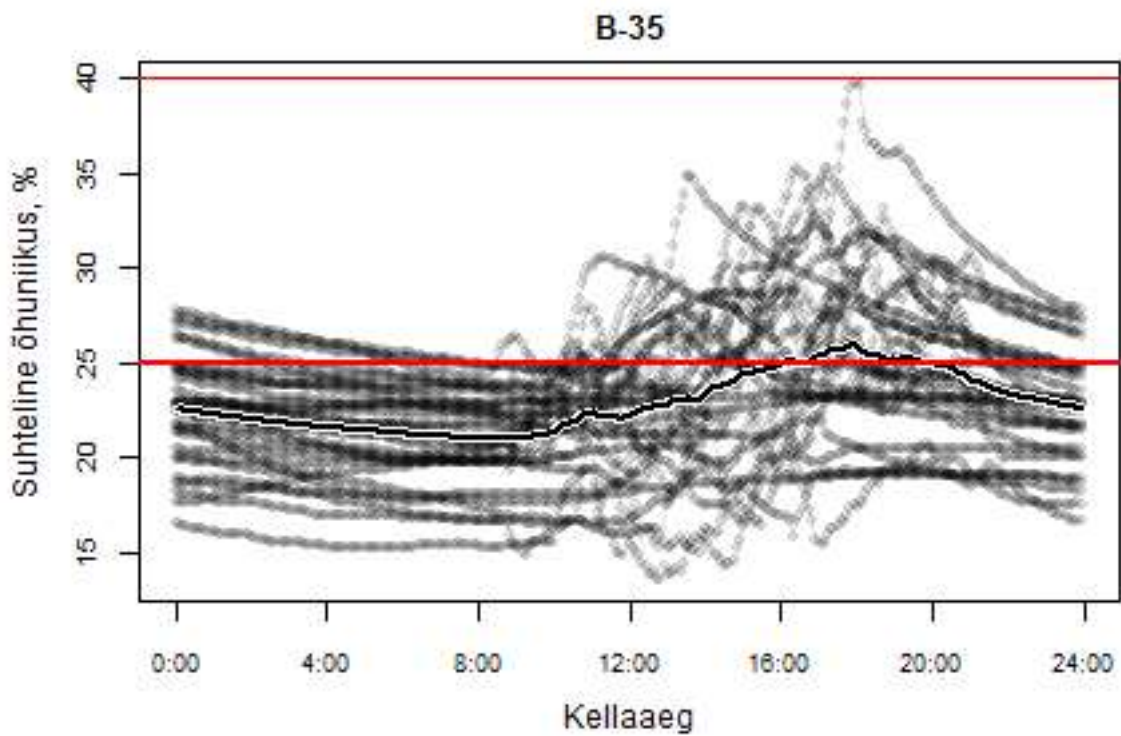
Tabelist 96 on näha, et tundide ajal langes suhteline õhuniiskus keskmiselt alla lubatud 25% ruumides A-18, B-15 ja B-35. Graafikutelt 233-235 on näha, et tundide ajal suhteline õhuniiskus küll tõuseb, kuid keskmiselt jääb ikka allapoole lubatud 25% piiri.

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

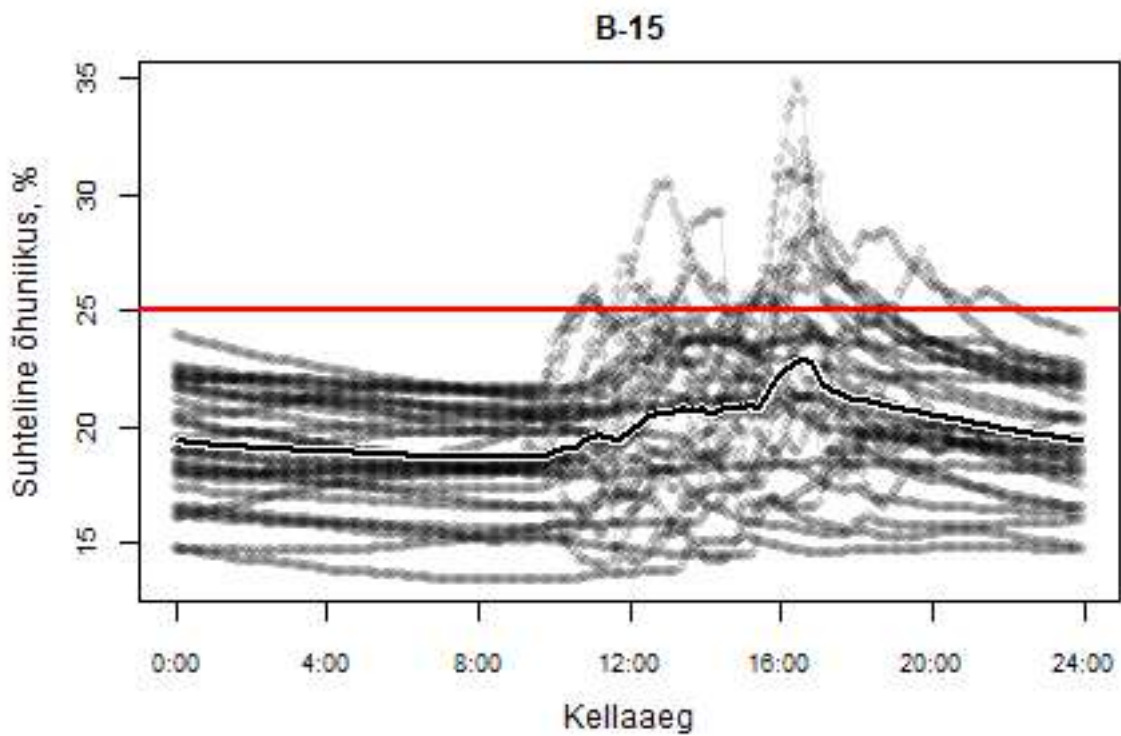
**Tabel 95.** Suhtelise õhuniiskuse (%) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste pluss korrelatsioon samal tunnil lähimas vaatlusjaamas mõõdetud välistemperatuuriga

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

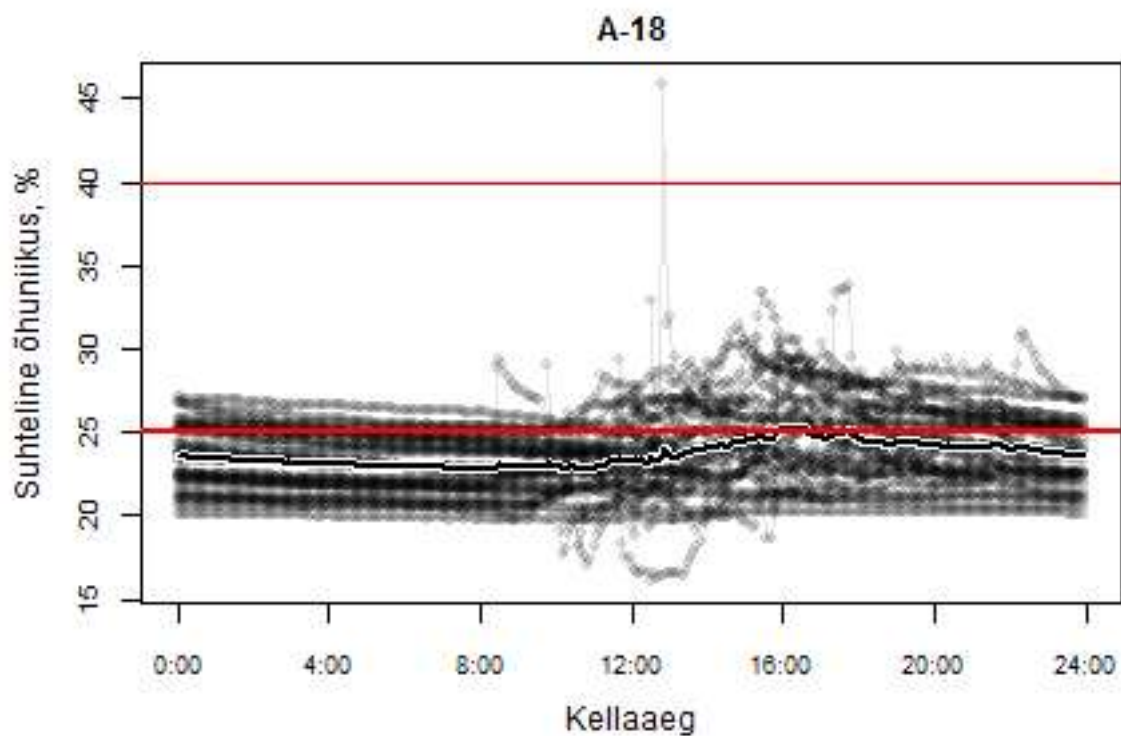
**Tabel 96.** Suhtelise õhuniiskuse (%) olulisemad arvarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul



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



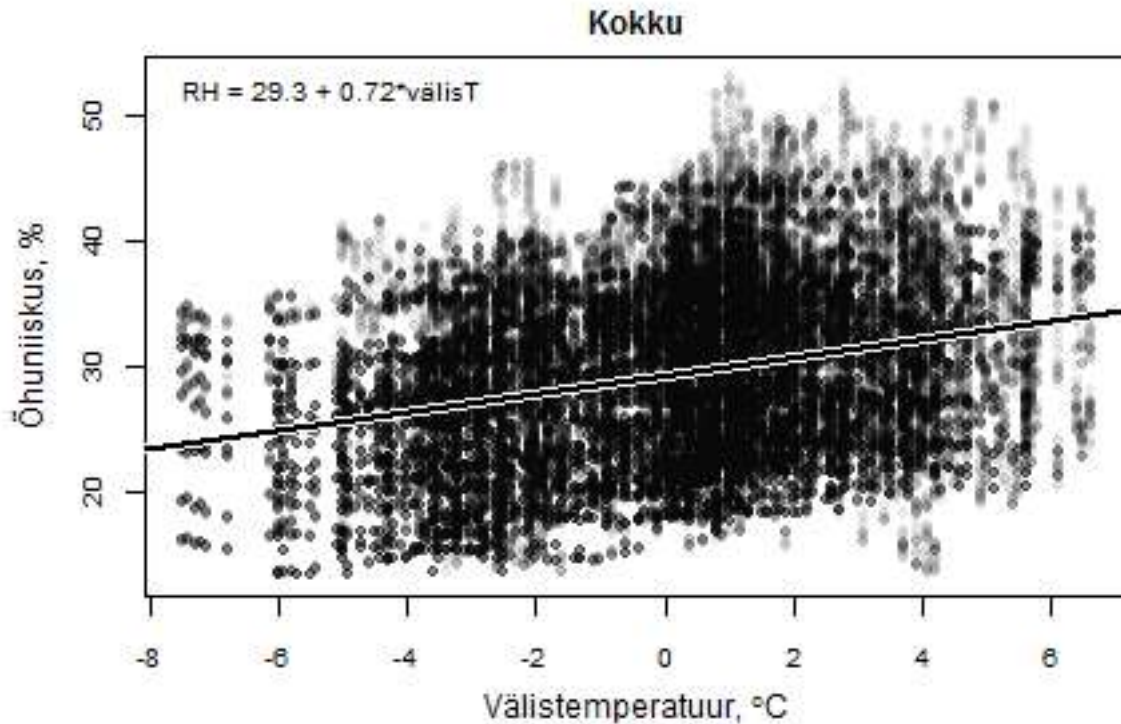
Graafik 234. Ruumi B-15 õhu suhtelise niiskuse muutus ööpäeva lõikes



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  $siseRH=29,3+0,72 \cdot välisT$  ehk iga  $1^{\circ}C$  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  $-20^{\circ}\text{C}$  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

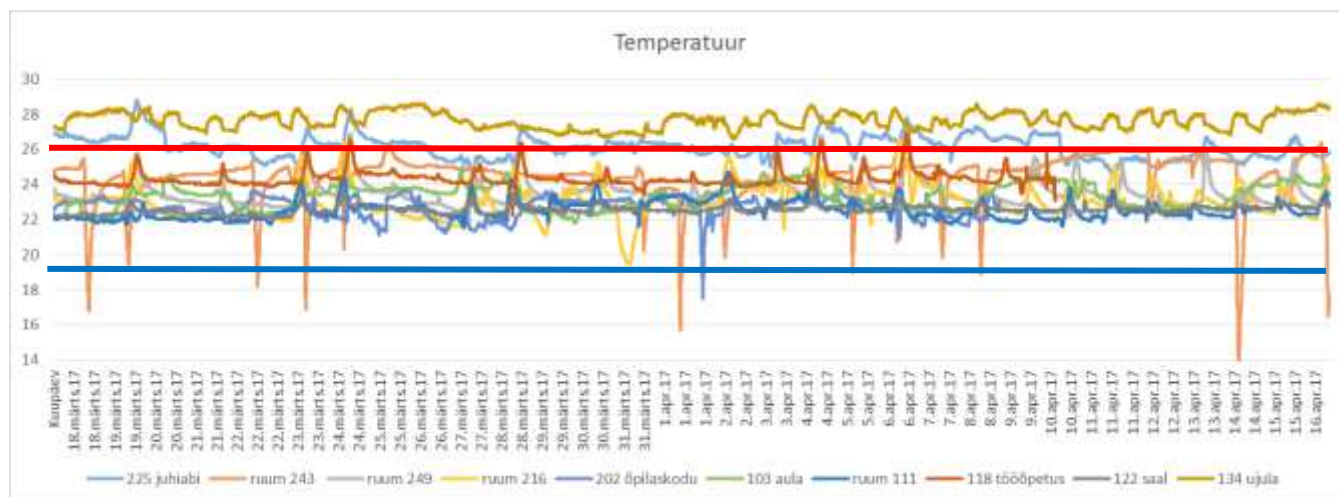
Mõõdistusseadmed: Delta OHM HD35, mõõtmisintervall 5 minutit

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

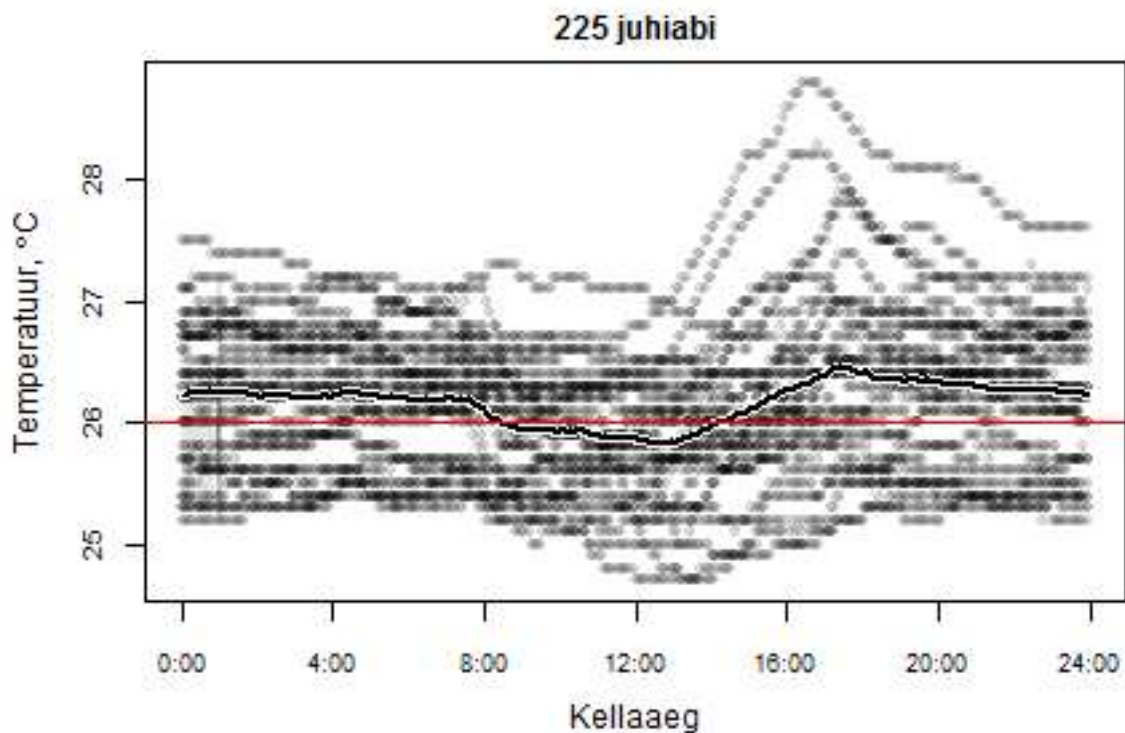


Graafik 237. Temperatuuride muutus kogu mõõtmisperiodi ulatuses.

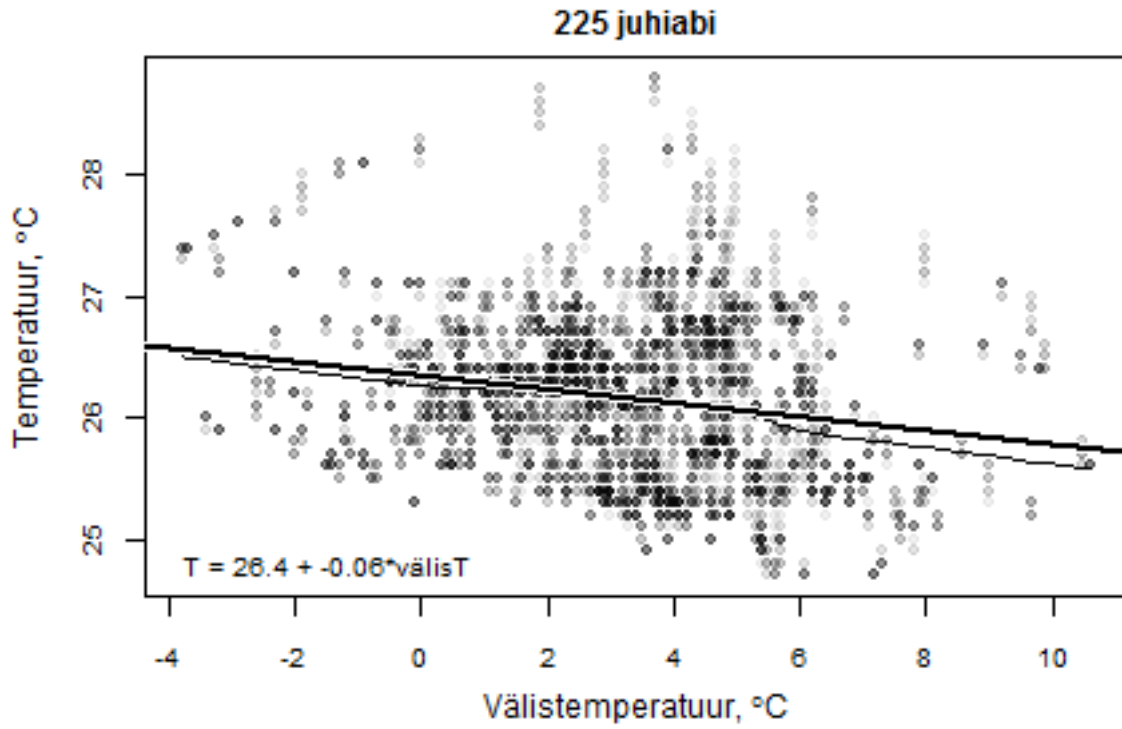
.	225 juhiabi	ruum 243	ruum 249	ruum 216	202 õpilaskodu	103 aula	ruum 111	118 töõp	122 saal	134 ujula	KOKKU
<b>KOKKU</b>	9976	8592	9990	9993	6369	9721	9975	6747	9995	9997	<b>91355</b>
<b>Üle 26 °C</b>	5248	61	144	59	0	0	0	93	0	9978	<b>15583</b>
<b>alla 19 °C</b>	0	100	0	0	9	0	0	0	0	0	<b>109</b>
<b>Üle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

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

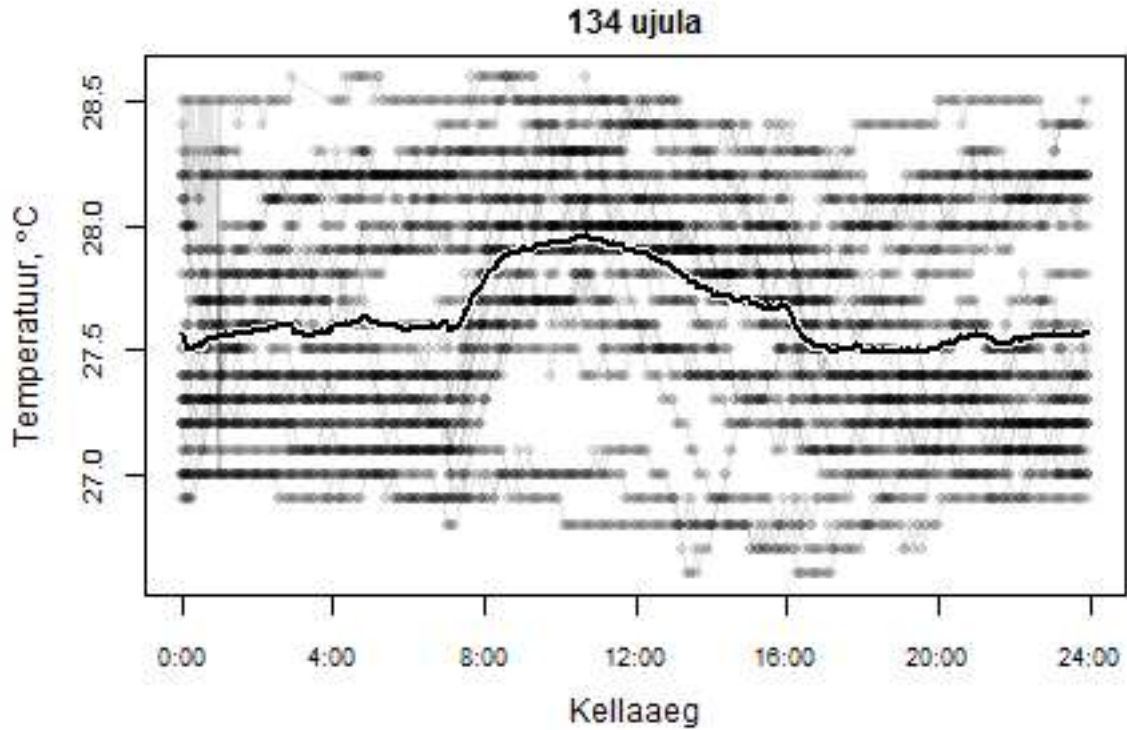
Graafikult 237 ja tabelist 97 lähtub, on suurimat lubatud temperatuuri 26°C on ületatud kuues ruumis – juhiabi ruum 225, tööõpetuse ruum 118, ujula 134 ning ruumid 243, 249 ja 216. Allapoole minimaalse lubatud temperatuuri 19°C on langenud temperatuur kahes ruumis, kuid allapoole lubatud temperatuuri 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 välistemperatuuri vaheline seos juhiabi ruumis



Graafik 240. Siseõhu temperatuuri muutus ujulas ööpäeva lõikes

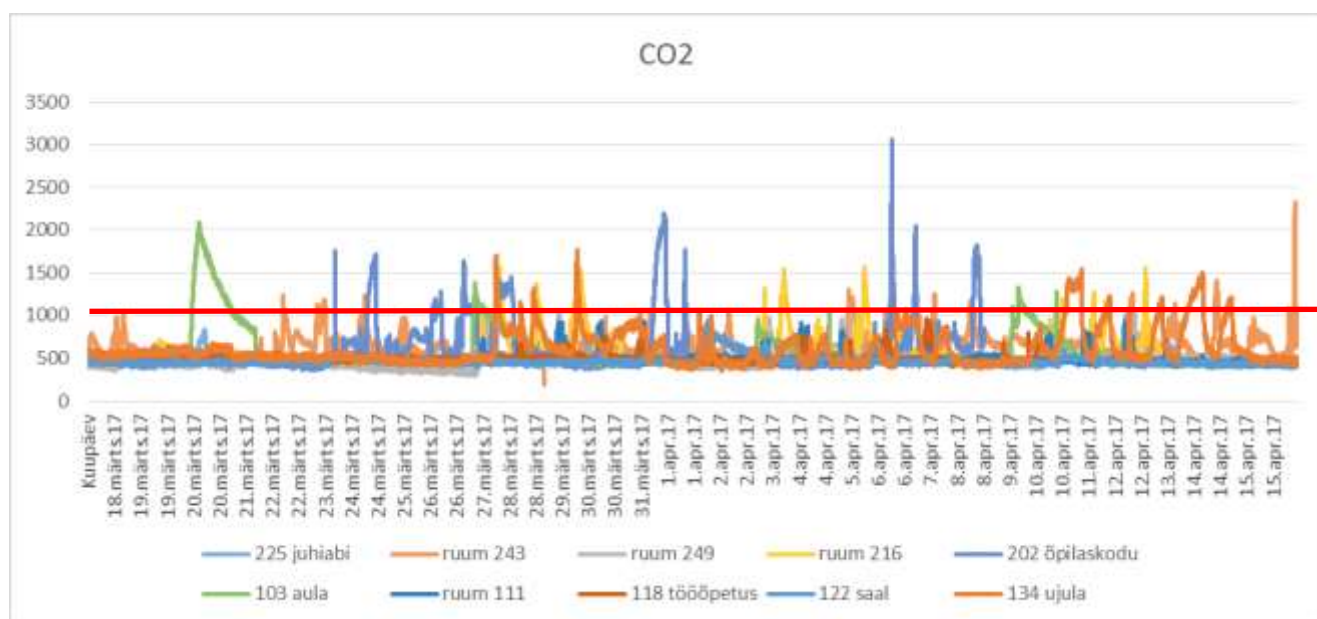
Tabelist 98 on näha, et korrelatsioon välistemperatuuriga on nõrk ehk antud hoonel pole probleeme välispiirde soojustusega.

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 CO<sub>2</sub> sisaldus ruumiõhus.



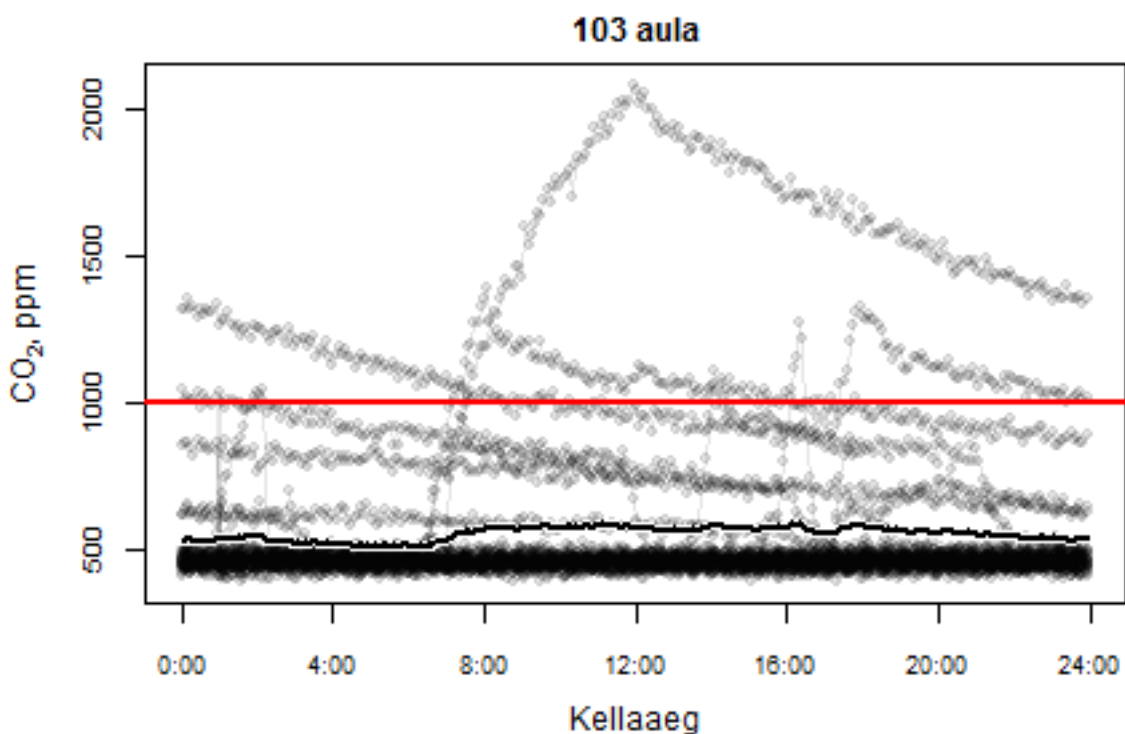
Graafik 241. Ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses (mikroliitrit ppm liitris õhus).

.	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	<b>72787</b>
Üle 1000 ppm	0	267	23	350	590	526	2	0	0	1019	<b>2510</b>
Üle 1000 ppm	0,0%	3,1%	0,2%	3,5%	9,3%	5,4%	0,0%	0,0%	0,0%	10,2%	<b>3,4%</b>

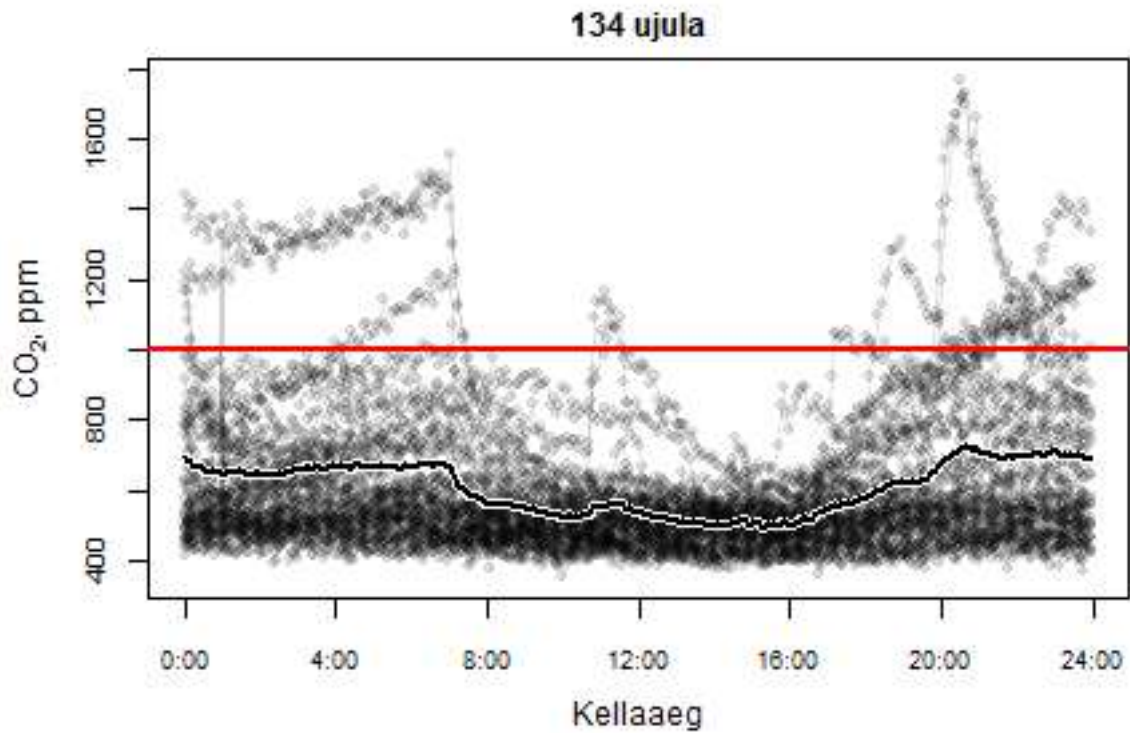
Tabel 99. Lubatud CO<sub>2</sub> taseme 1000 ppm ületanud mõõtmiste arv koguliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 212 ja tabelist 84 lähtub, et CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> tasemed tõusid kohati üle 2000 ppm. Sellel päeval tõusis CO<sub>2</sub> tase nii kõrgele, et langes alla lubatud piiri järgmise päeva kella üheksaks. Seega tuleb aulas ürituste ajal reguleerida ventilatsioon intensiivsemale režiimile.

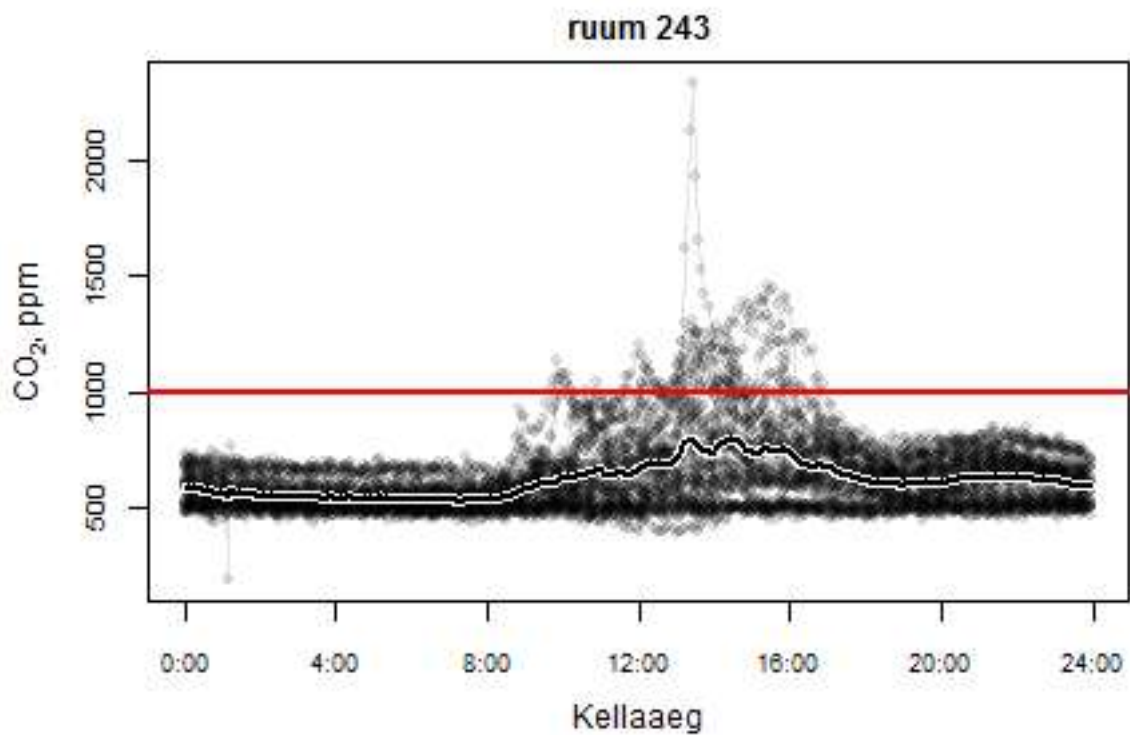
Ujulas on CO<sub>2</sub> taseme muutus omapärane (graafik 243), sest tasemed tõusevad üle lubatud piiri õhtu ja öötundidel ning päevasel ajal on tasemed lubatu piires. On vajalik täiendavalt uurida ujula ventilatsioonirežiimi. Klassiruumides on ületamised (graafik 244) tavapäraselt õppetöö tundide ajal. Tabelist 100 on näha, et õppetöö tundide ajal tõuseb CO<sub>2</sub> tase natuke kõrgemaks vaid ruumis 243.



Graafik 242. Ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus aulas ööpäeva lõikes.



Graafik 243. Ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus ujulas ööpäeva lõikes.



Graafik 244. Ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus ruumis 243 ööpäeva lõikes.

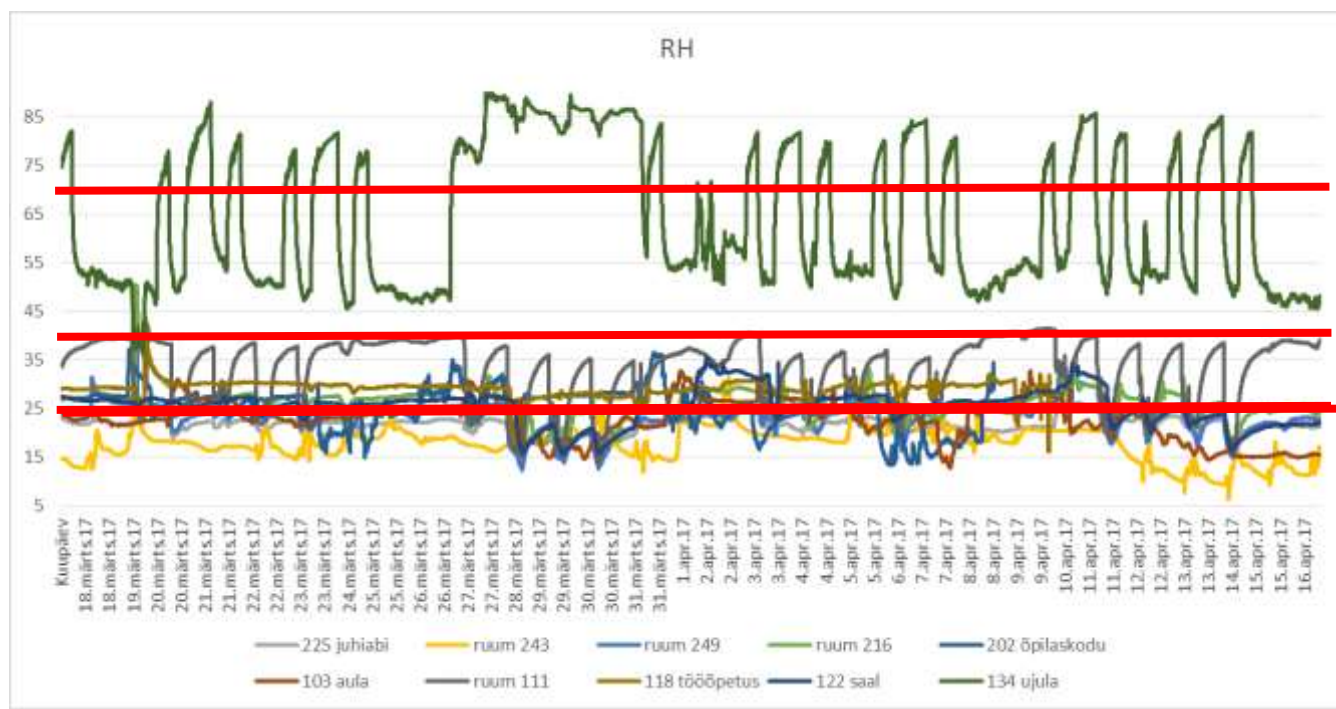
Ruum	Keskmine	Standard- hälve	Mediaan	Miinum	Maksimu m	Muutus minutis
------	----------	--------------------	---------	--------	--------------	-------------------

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.** CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub> 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 töööp	122 saal	134 ujula	KOKKU
<b>KOKKU</b>	9976	8592	9990	9993	6369	9721	9975	6746	9995	9997	<b>81378</b>
<b>alla 40 %</b>	9976	8592	9986	9969	6369	9721	9430	6733	9995	73	<b>70868</b>
<b>alla 25 %</b>	9392	8455	7288	3973	2505	6969	1566	158	4377	0	<b>35291</b>
<b>alla 40 %</b>	100,0%	100,0%	100,0%	99,8%	100,0%	100,0%	94,5%	99,8%	100,0%	0,7%	<b>87,1%</b>
<b>alla 25 %</b>	94,1%	98,4%	73,0%	39,8%	39,3%	71,7%	15,7%	2,3%	43,8%	0,0%	<b>43,4%</b>

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

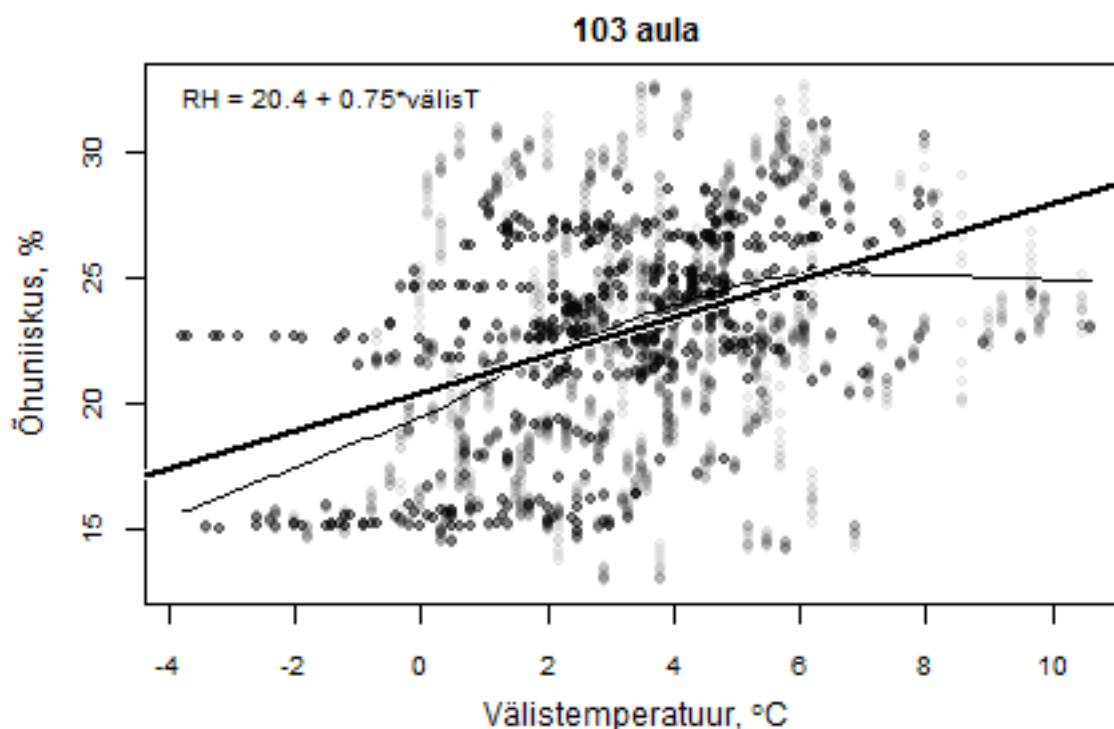
Graafikult 245 ja tabelist 101 lähtub, et suhtelise õhuniiskuse tase jääb osaliselt allapoole lubatud piirmäärasid. Ujulas on suhtelised õhuniiskused kohati üle 70%. Sellise niiskusesisaldusega piirkondades võivad tekkida hallitusseente kolooniad. Vajalik kontrollida ruumiõhu mikrobioloogilist koostist. 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.



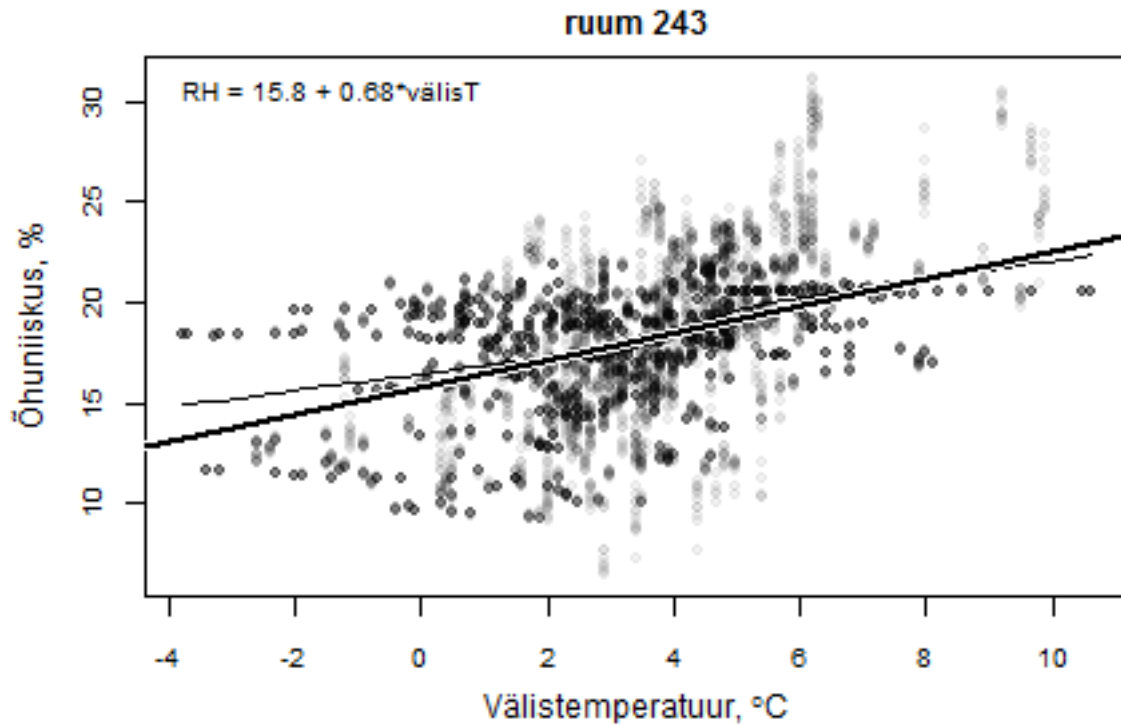
Ruum	Keskmine	Standard- hälve	Mediaan	Miinum	Maksimu m	Korrelatsioon välistemp.- ga
103 aula	22,83	4,09	23,1	12,8	32,7	0,43
118 tööõpetus	29,12	1,77	29,4	16,1	43,7	-0,10
122 saal	25,38	3,48	26	15,6	35,7	0,42
134 ujula	64,02	14,67	57,0	36,3	90,7	-0,12
202 õpilaskodu	25,17	4,26	26	13,4	37,2	-0,19
225 juhiabi	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

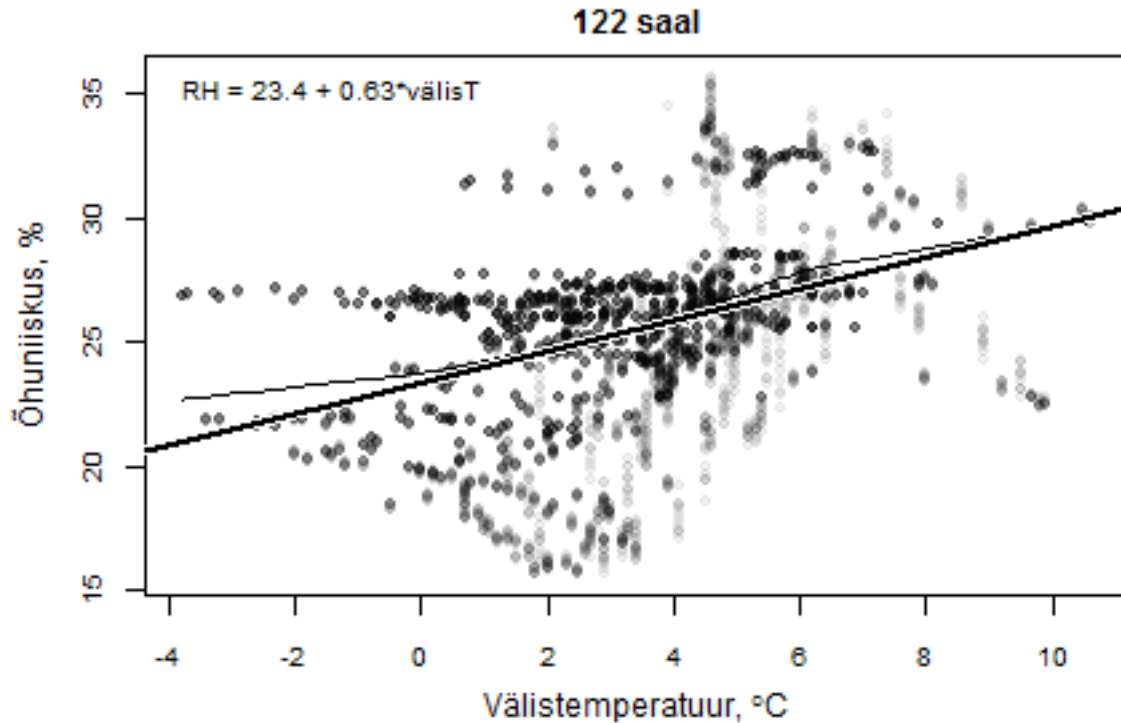
Vaid ruumides 103 (aula), 122 (saal) ja 243 on korrelatsioon siseõhu suhtelise niiskuse ja välistemperatuuri vahel keskmise tugevusega (0,42-0,46). Just nendes ruumides on keskmine suhteline õhuniiskus madalam kui lubatud alumine piir 25% või selle lähedal (tabel 102). Lisaks neile on suhteline õhuniiskus 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  $-20^{\circ}\text{C}$  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

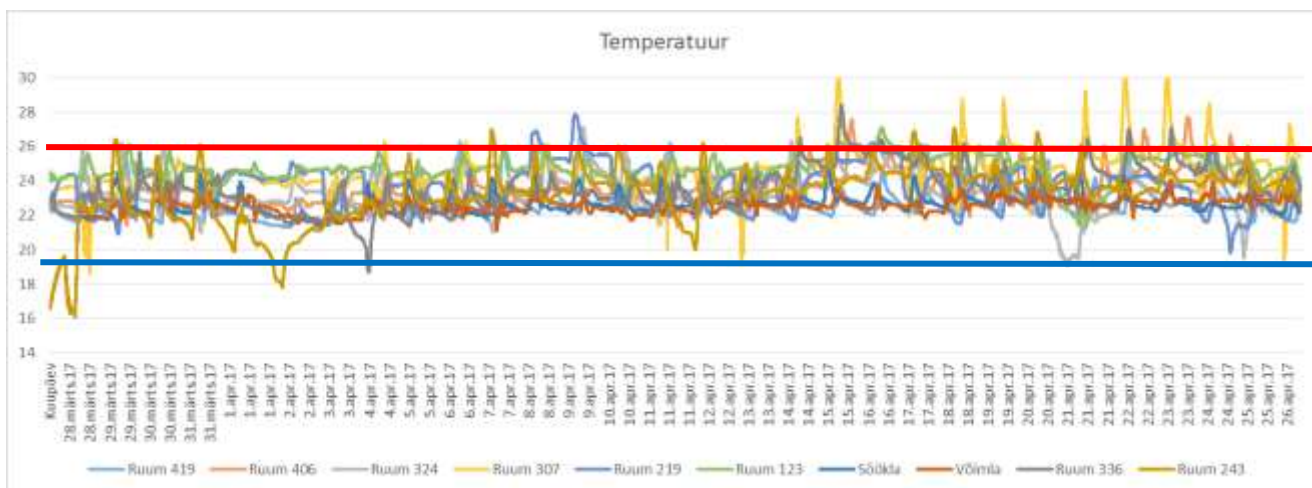
Mõõdistusseadmed: Delta OHM HD35, mõõtmisintervall 5 minutit

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  $19^{\circ}\text{C}$  ja maksimaalne lubatud  $26^{\circ}\text{C}$



Graafik 249. Temperatuuride muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

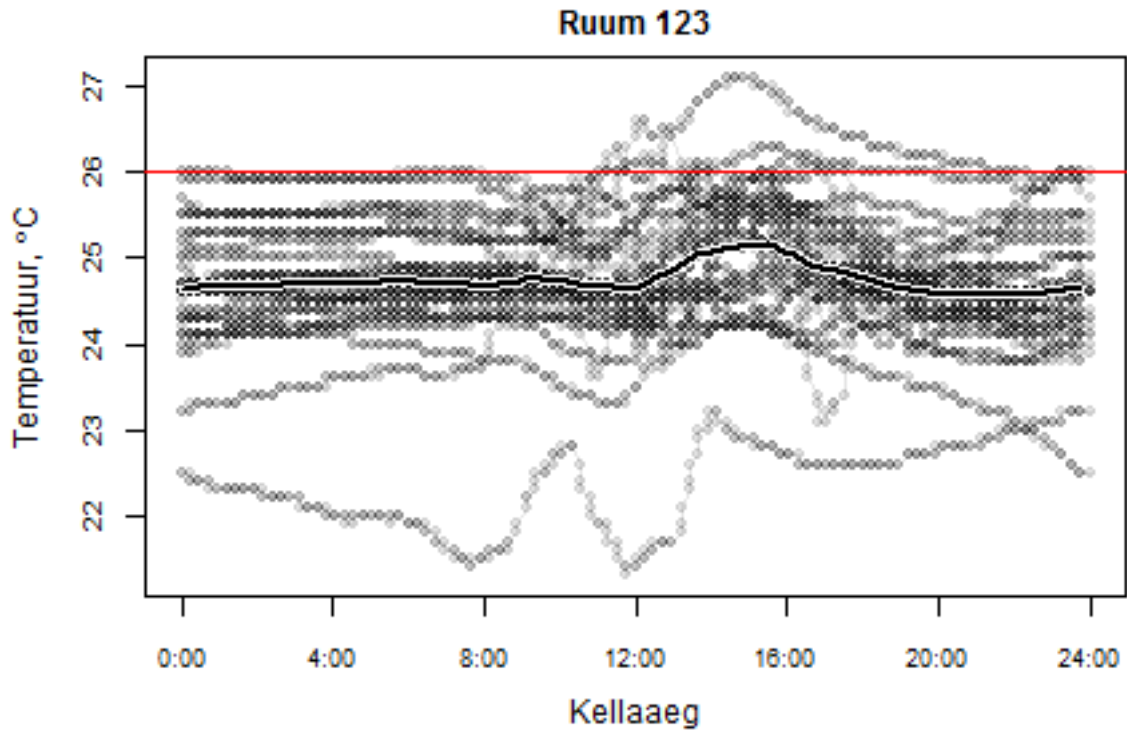
	Ruum 419	Ruum 406	Ruum 324	Ruum 307	Ruum 219	Ruum 123	Söökla	Võimla	Ruum 336	Ruum 243	KOKKU
<b>KOKKU</b>	9205	9198	9141	9036	9027	9140	9496	9364	9058	9418	<b>92083</b>
<b>Üle 26 °C</b>	10	166	117	661	201	198	4	0	282	175	<b>1814</b>
<b>alla 19 °C</b>	0	0	0	1	0	0	144	144	13	215	<b>517</b>
<b>Üle 26 °C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

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

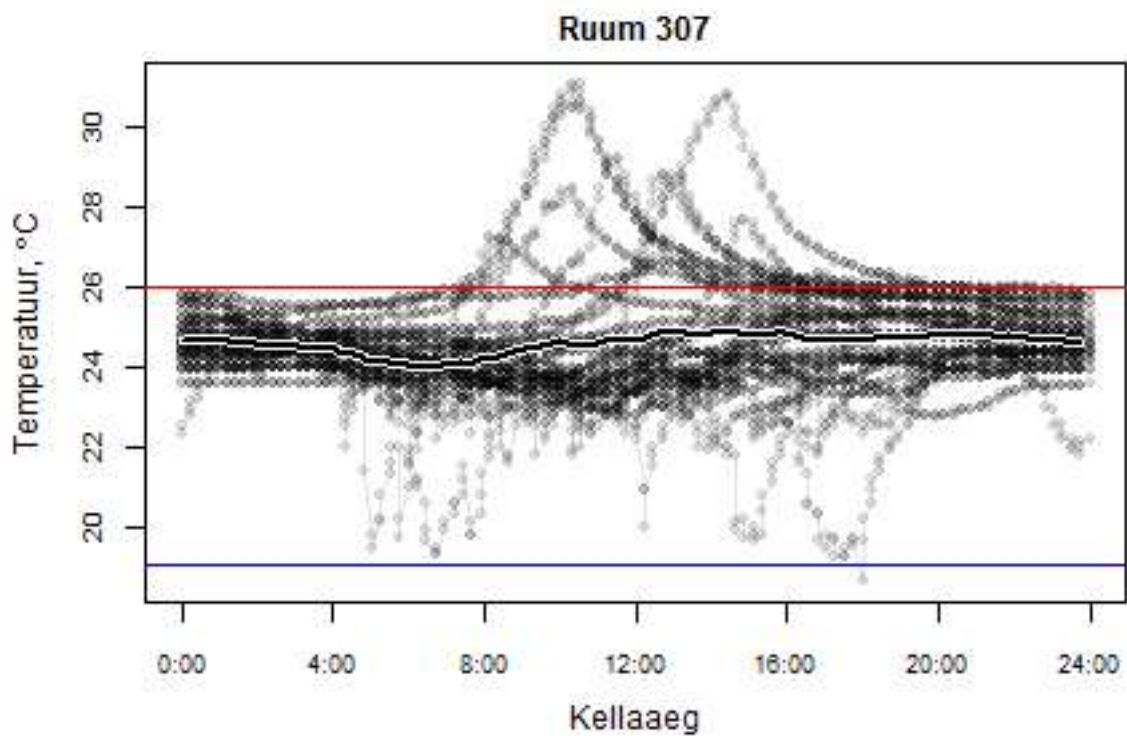
Graafikult 249 ja tabelist 103 lähtub, on suurimat lubatud temperatuuri 26°C on ületatud üheksas ruumis, neist kahes (419 ja söökla) on ületamine lühiajaline ja mitteoluline Allapoole minimaalse lubatud temperatuuri 19°C on langenud temperatuur viies ruumis, kuid kahel neist (307 ja 336) on allapoole 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
<b>Kokku</b>	<b>23,56</b>	<b>1,31</b>	<b>23,5</b>	<b>16,2</b>	<b>29,2</b>	<b>0,001</b>

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



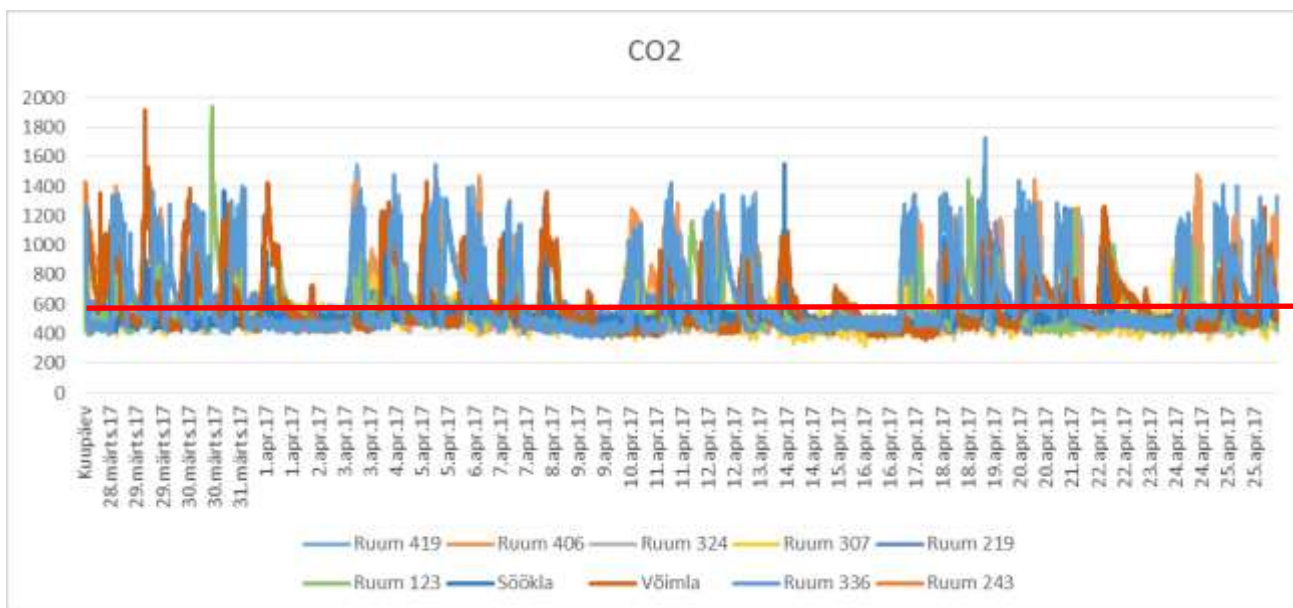
Graafik 250. Ruumi 123 temperatuuri muutus ööpäeva lõikes.



Graafik 251. Ruumi 307 temperatuuri muutus ööpäeva lõikes.

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

Süsinikdioksiidi CO<sub>2</sub> sisaldus ruumiõhus.



Graafik 252. Ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses (mikroliitrit ppm liitris õhus).

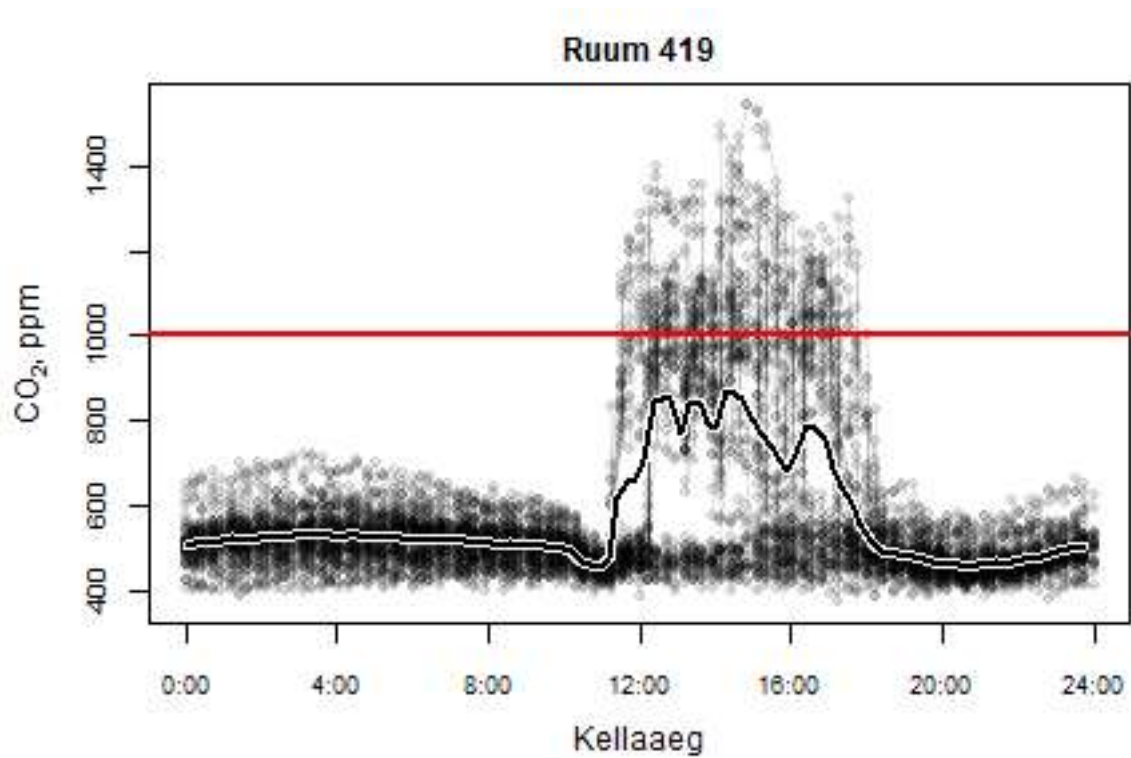
	Ruum 419	Ruum 406	Ruum 324	Ruum 307	Ruum 219	Ruum 123	Söökla	Võimla	Ruum 336	Ruum 243	KOKKU
<b>KOKKU</b>	9205	9198	9141	9036	9027	9140	9496	9364	9058	9418	<b>73680</b>
<b>Üle 1000 ppm</b>	656	675	38	11	15	153	122	802	1592	955	<b>3688</b>
<b>Üle 1000 ppm</b>	7,1%	7,3%	0,4%	0,1%	0,2%	1,7%	1,3%	8,6%	17,6%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

Tabel 105. Lubatud CO<sub>2</sub> taseme 1000 ppm ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

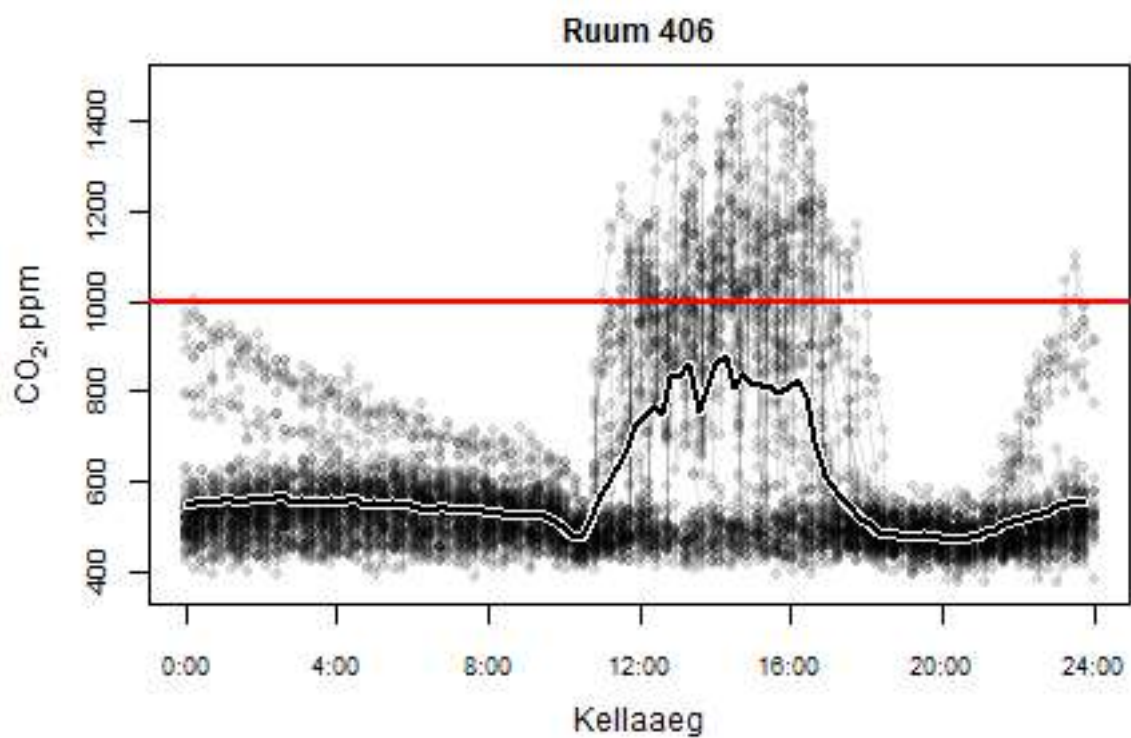
Graafikult 252 ja tabelist 105 lähtub, et CO<sub>2</sub> sisaldus ületab kõigis ruumides mingi ajaperioodi vältel lubatu piiri. Söökla ja ruumides 324, 307, 219 ja 123 on ületamine lühiajaline ning mitteoluline, kuid ruumides 419, 406, 336, 243 ja võimlas on ületamine vahemikus 7,1-10,1% kogu mõõdistusperioodi ajast. Vaadates tabelit 106 näeme, et kõigis nimetatud ruumides ületatakse lubatud CO<sub>2</sub> taset ka tundide ajal. Ruumides 419, 406 ja 243 on taseme ületamine vaid õppetöö tundide ajal (graafikud 253 ja 254), kuid ruumis 336 ületatakse CO<sub>2</sub> 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
<b>Kokku</b>	<b>681,3</b>	<b>237,9</b>	<b>583</b>	<b>367</b>	<b>1829</b>	<b>0,276</b>

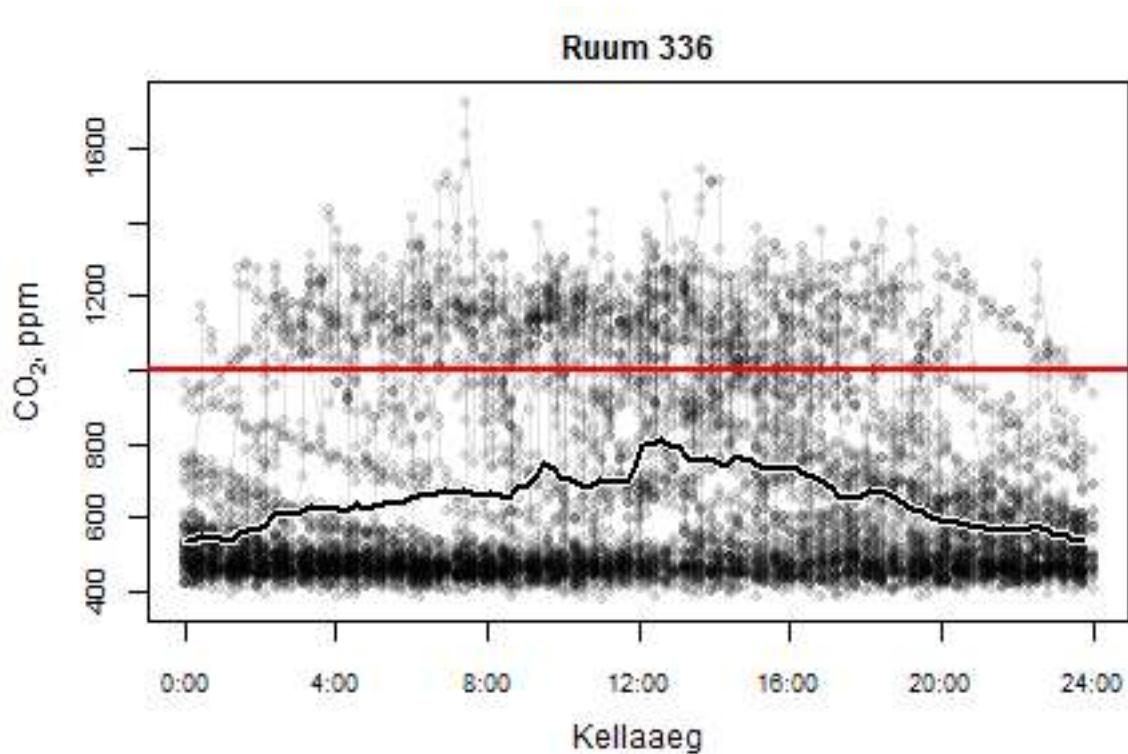
**Tabel 106.** CO<sub>2</sub>-sisalduse (ppm) olulisemad arvarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul



Graafik 253. Ruumiõhu CO<sub>2</sub> taseme muutus ruumis 419 ööpäeva ringselt



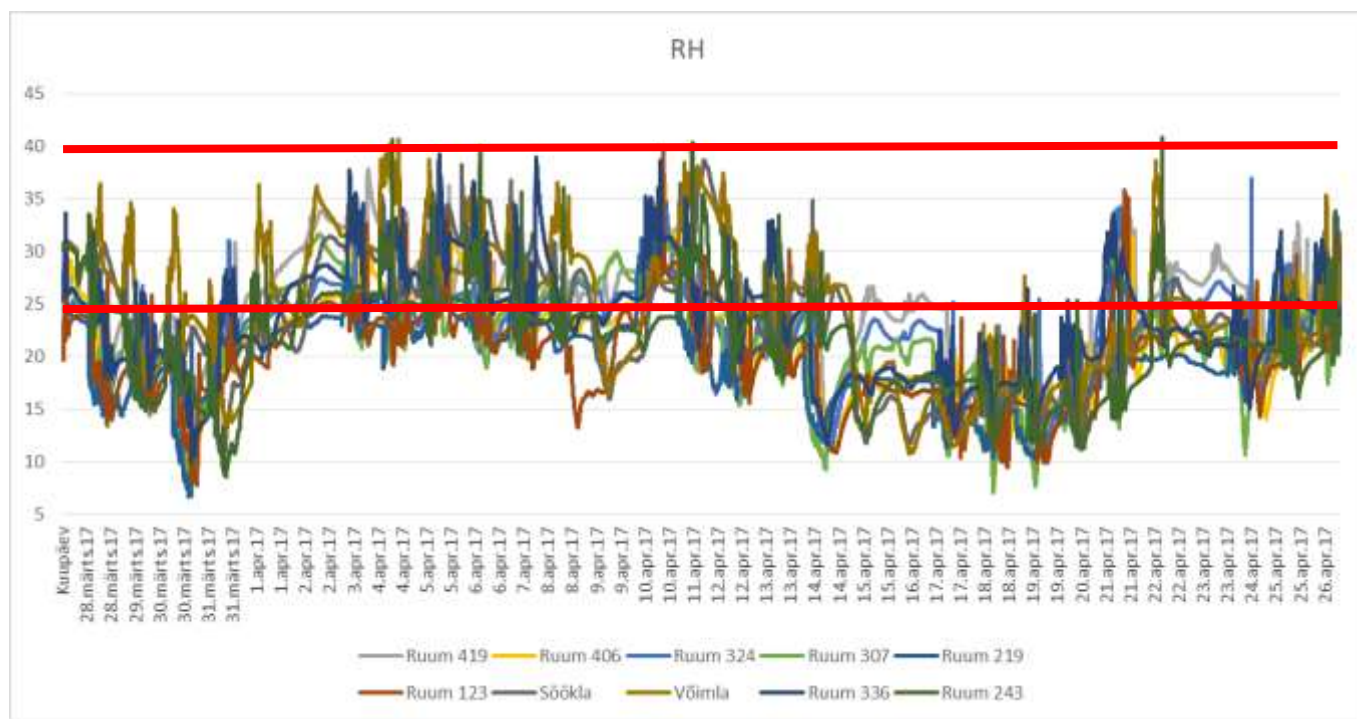
Graafik 254. Ruumiõhu CO<sub>2</sub> taseme muutus ruumis 406 ööpäeva ringselt



Graafik 255. Ruumiõhu CO<sub>2</sub> taseme muutus ruumis 336 ööpäeva ringelt

Kokkuvõtteks võib väita, et Tallinna Linnamäe Vene Lütseumis on CO<sub>2</sub> 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
<b>KOKKU</b>	9205	9198	9141	9036	9027	9140	9496	9364	9058	9418	<b>82878</b>
<b>alla 40 %</b>	9205	9198	9141	9036	9027	9140	9496	9361	9058	9414	<b>82871</b>
<b>alla 25 %</b>	4036	7286	6230	6993	8289	8388	5277	4428	5304	7245	<b>59440</b>
<b>alla 40 %</b>	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	<b>100,0%</b>
<b>alla 25 %</b>	43,8%	79,2%	68,2%	77,4%	91,8%	91,8%	55,6%	47,3%	58,6%	76,9%	<b>71,7%</b>

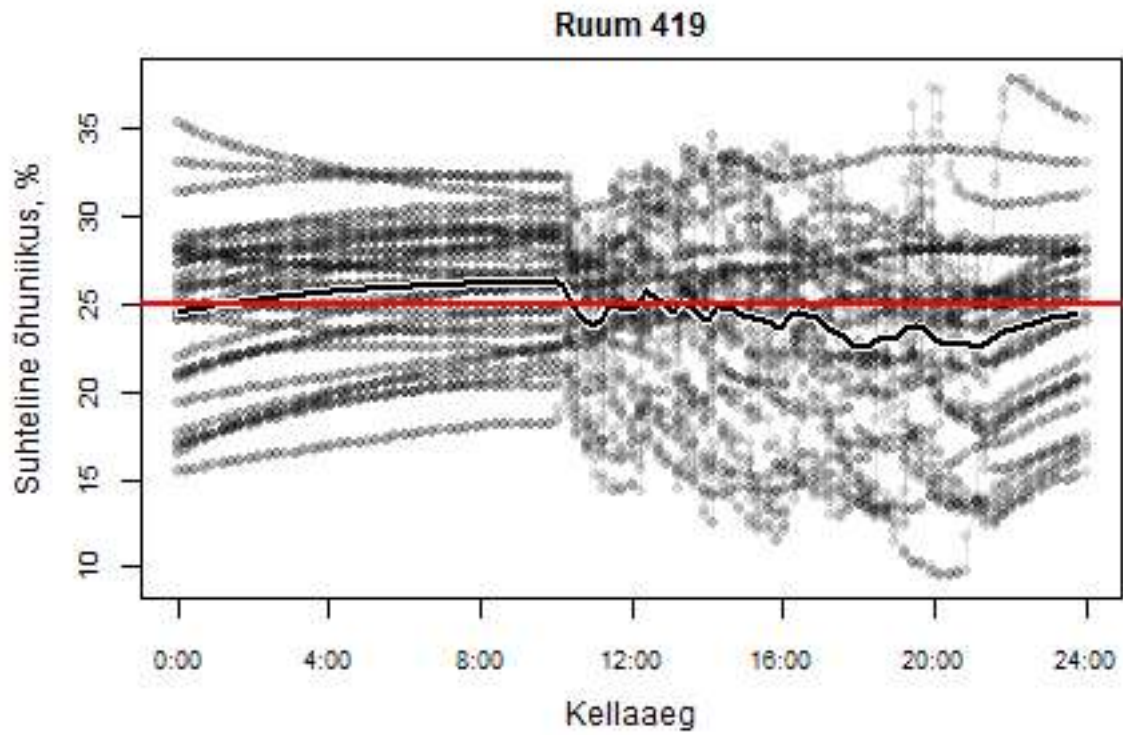
Tabel 107. Mõõtmiste arv allapoole lubatud õhu suhtelise niiskuse tasemeid koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

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%.

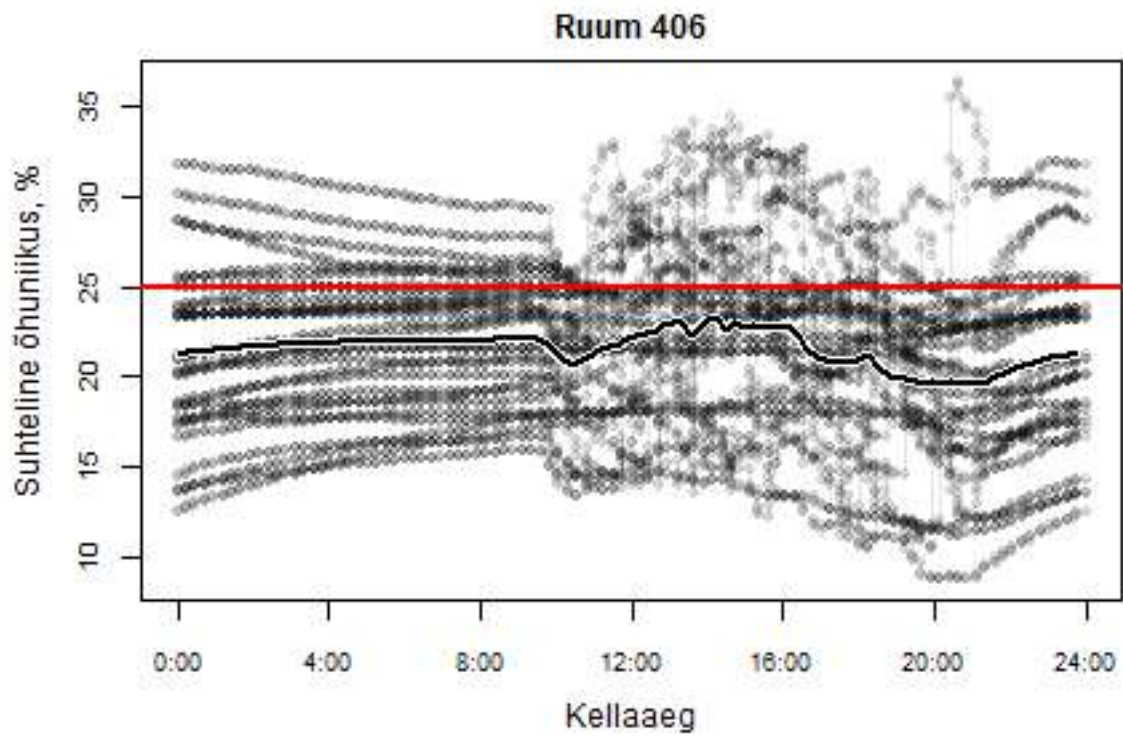
Tabeli 108 põhjal on suhteline õhuniiskus allapoole lubatud piiri ka õppetöö tundide ajal. Tähelepanu tasub pöörata asjaolule, et minimaalsed suhtelised õhuniiskused on klassiruumides kohati alla 10%. Samast tabelist on näha, et tundide ajal suhteline õhuniiskus ei tõuse.

Ruum	Keskmine	Standard-hälve	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

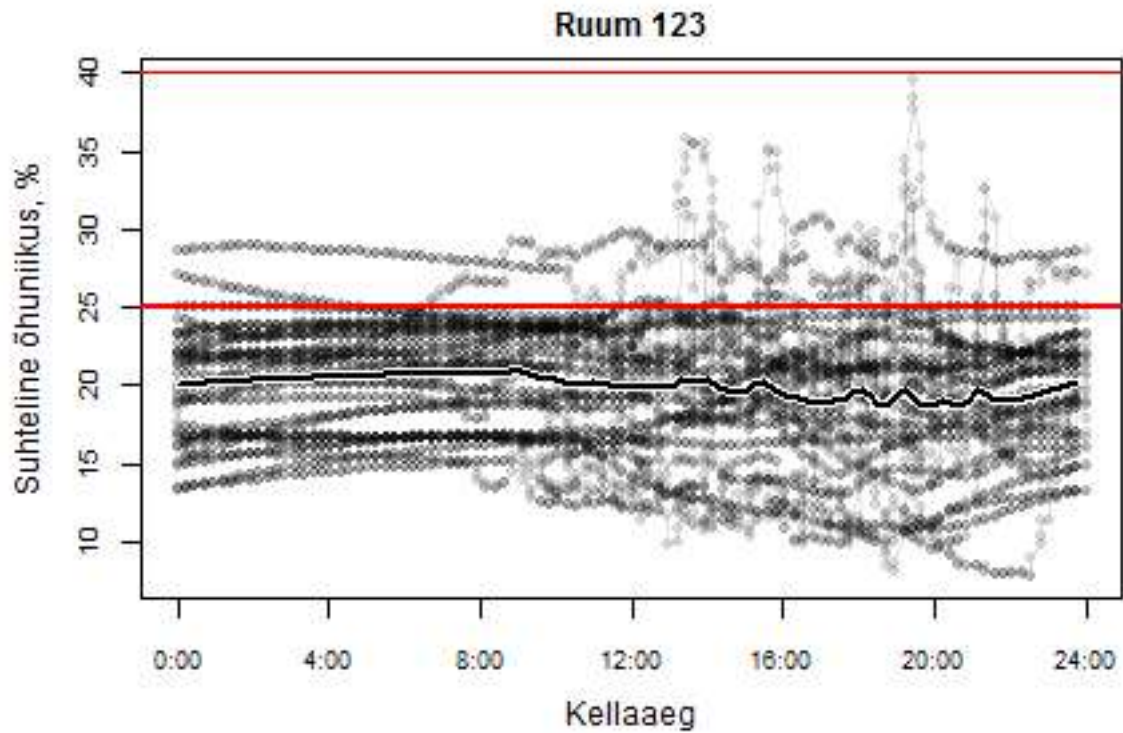
**Tabel 108.** Suhtelise õhuniiskuse (%) olulisemad arvarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul



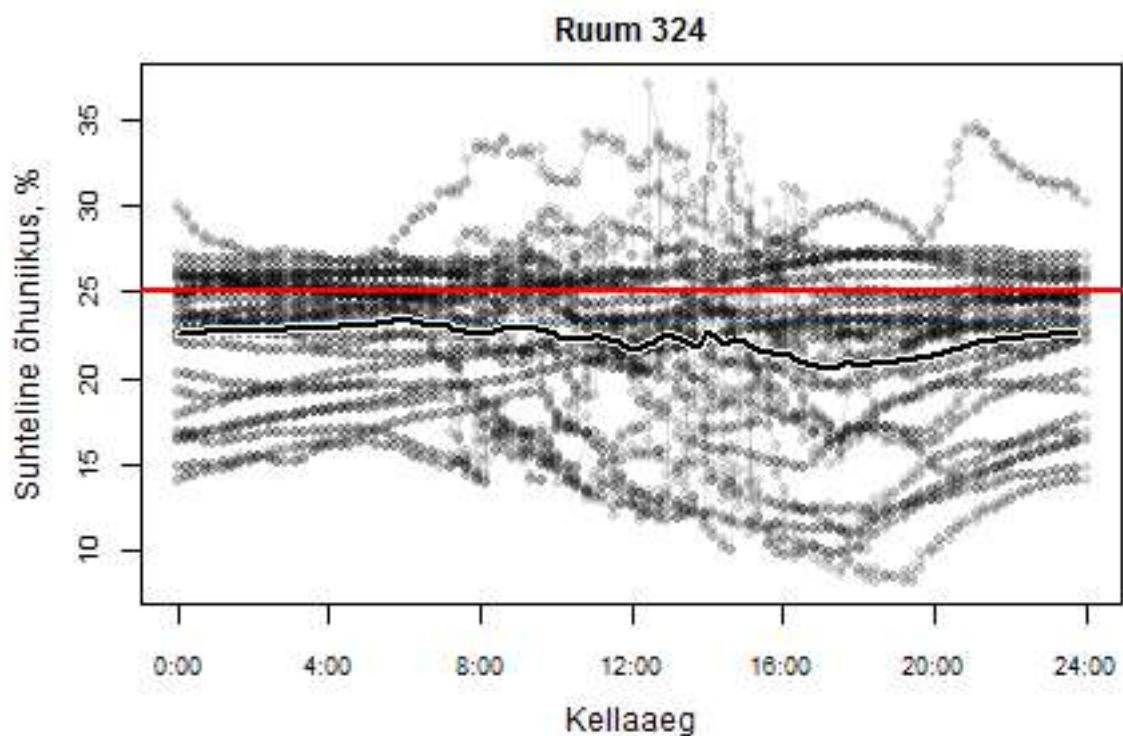
Graafik 257. Suhtelise õhuniiskuse muutus ruumis 419 ööpäeva lõikes.



Graafik 258. Suhtelise õhuniiskuse muutus ruumis 406 ööpäeva lõikes.



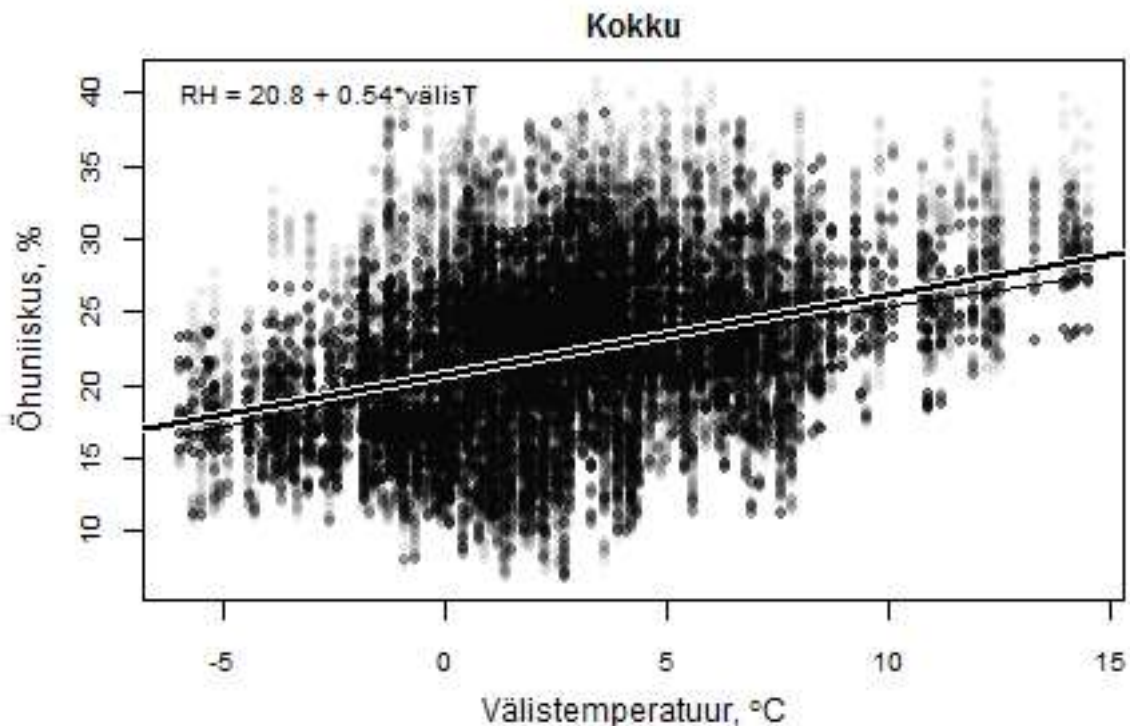
Graafik 259. Suhtelise õhuniiskuse muutus ruumis 123 ööpäeva lõikes.



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  $1^\circ\text{C}$  välisõhu temperatuuri muutust toob kaasa 0,54% siseõhu suhtelise niiskuse muutust.



Graafik 261. Ruumiõhu suhtelise niiskuse ja välitemperatuuri 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  $-20^\circ\text{C}$  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

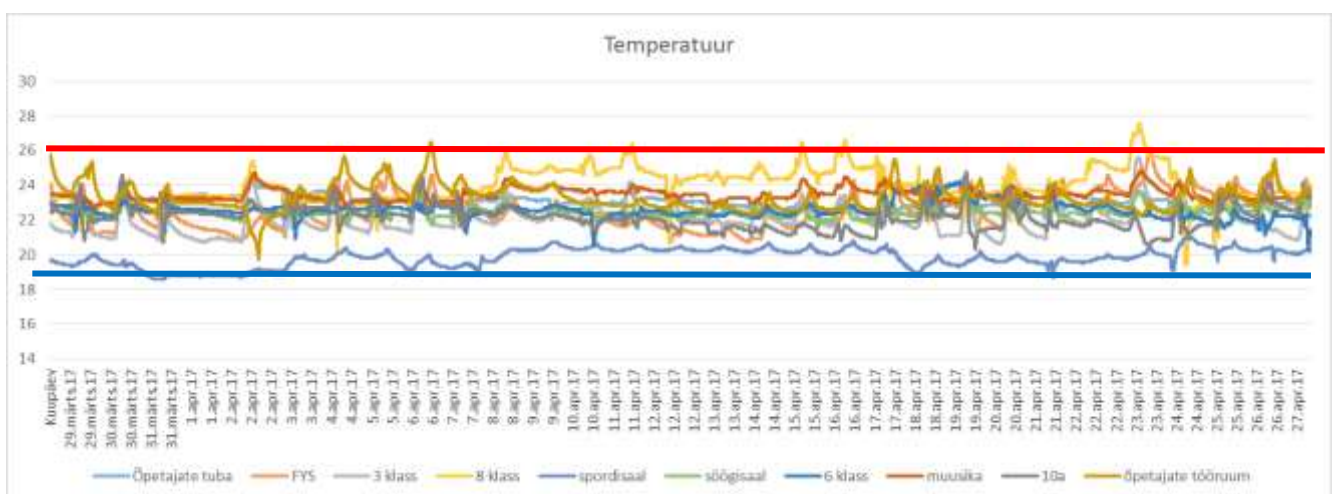
Mõõdistusseadmed: Delta OHM HD35, mõõtmisintervall 5 minutit

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  $19^{\circ}\text{C}$  ja maksimaalne lubatud  $26^{\circ}\text{C}$

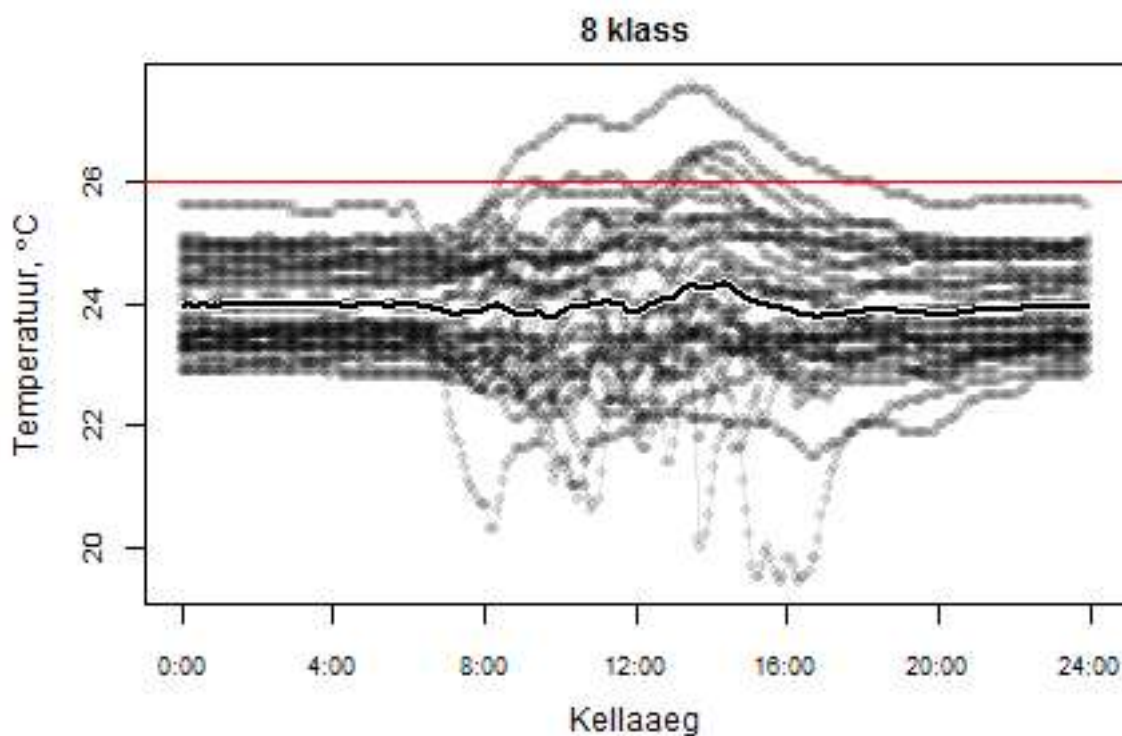


Graafik 262. Temperatuuride muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

	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	<b>106329</b>
Üle 26 °C	0	54	0	195	0	0	0	0	0	22	<b>271</b>
alla 19 °C	0	0	0	0	743	0	0	0	0	0	<b>743</b>
Üle 26 °C	0,0%	0,5%	0,0%	1,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	<b>0,3%</b>
alla 19 °C	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	7,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	<b>0,7%</b>

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

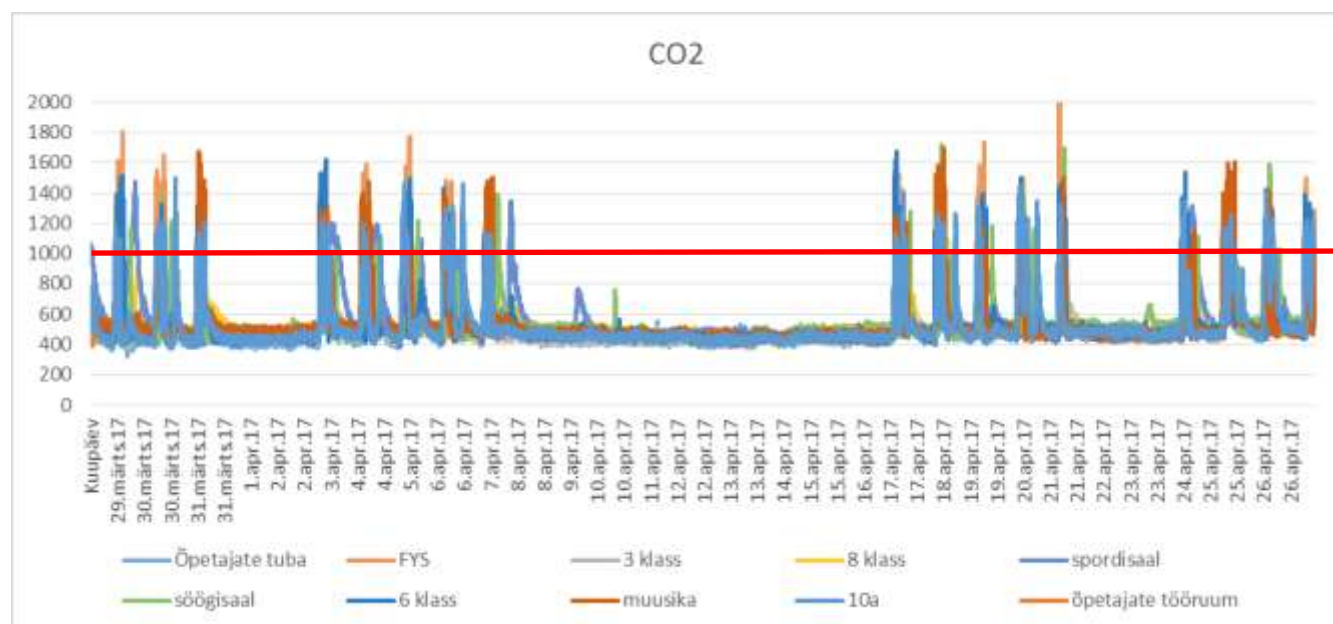
Ruum	Keskmine	Standard- hälve	Mediaan	Miinumum	Maksimu m	Korrelatsioon välistemp.- ga
10a	22,15	0,70	22,1	20,3	24,8	0,20
3 klass	22,04	0,78	21,9	20,6	25,6	0,41
6 klass	22,58	0,50	22,5	20,3	24,2	-0,23
8 klass	23,95	1,04	23,8	19,4	27,6	0,00

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 CO<sub>2</sub> sisaldus ruumiõhus.



Graafik 264. Ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses (mikroliitrit ppm liitris õhus).

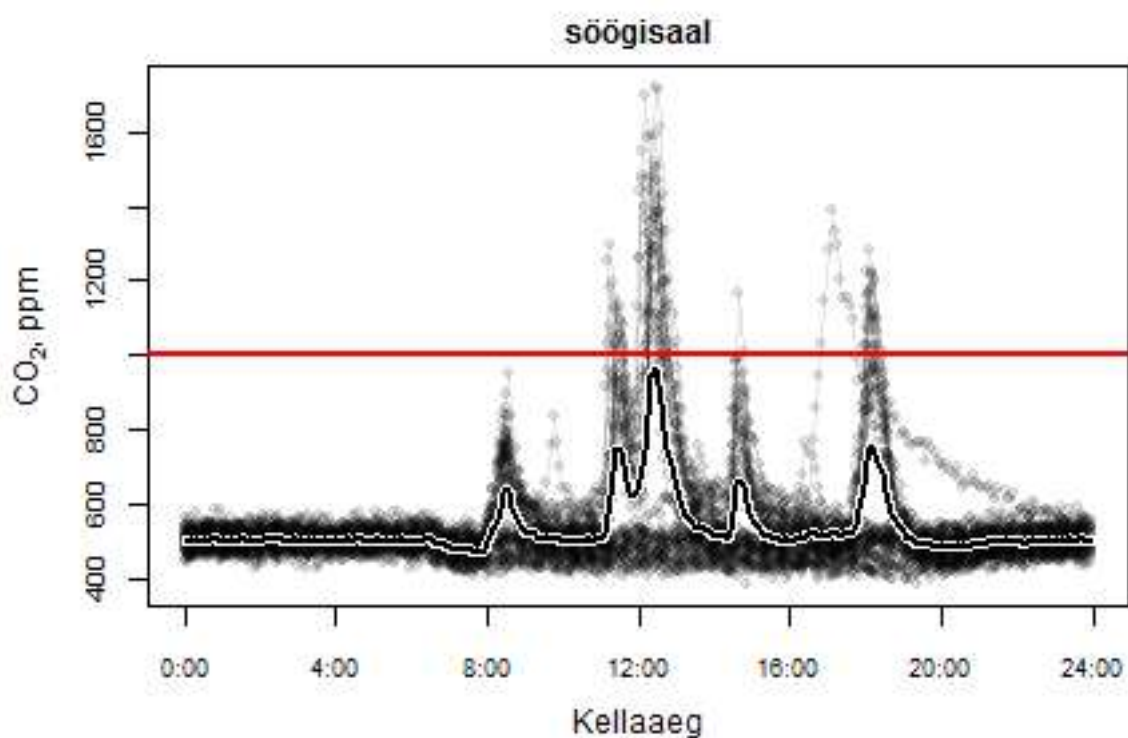
	Õpetajate	FYS	3 klass	8 klass	spordisaal	söögisaal	6 klass	muusika	10a	õpetajate	KOKKU
<b>KOKKU</b>	10633	10632	10633	10633	10633	10633	10633	10633	10633	10633	<b>85064</b>
<b>Üle 1000 ppm</b>	56	832	287	214	341	212	662	446	656	15	<b>2833</b>
<b>Üle 1000 ppm</b>	0,5%	7,8%	2,7%	2,0%	3,2%	2,0%	6,2%	4,2%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

Tabel 111. Lubatud CO<sub>2</sub> taseme 1000 ppm ületanud mõõtmiste arv koguliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 264 ja tabelist 111 lähtub, et CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> taset ka tundide ajal. Graafikult 265 on näha, et söögisaalis ületatakse lubatud CO<sub>2</sub> tase lühiajaliselt vahetundide ajal. Graafikult 266 on näha, et spordisaali kasutatakse hiliste õhtutundideni ning normaalne CO<sub>2</sub> tase taastub alles pärast südaööd. Klassiruumides on CO<sub>2</sub> 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.

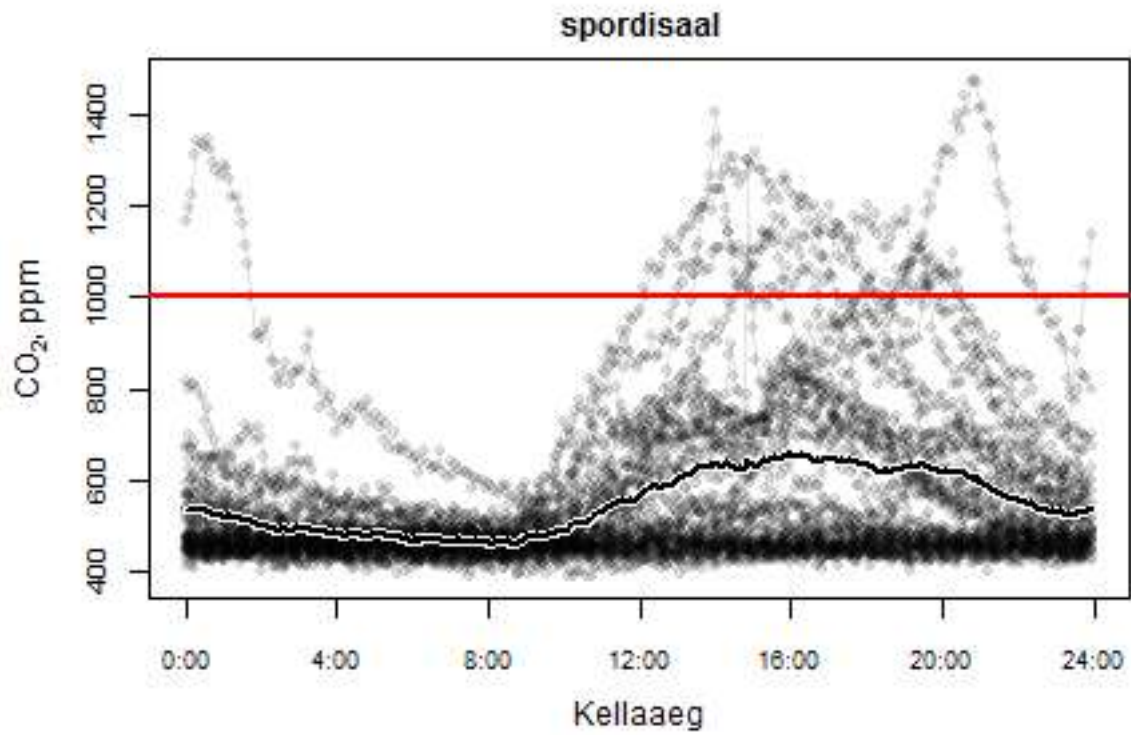
Ruum	Keskmine	Standard- hälve	Mediaan	Miinum	Maksimu m	Muutus minutis
10a	762,4	262,0	759	400	1279	4,318
3 klass	791,6	244,1	844	398	1489	1,777
6 klass	899,3	336,0	968	388	1673	3,462
8 klass	737,6	225,7	747	381	1421	1,988
FYS	988,3	364,8	1098,5	397	1605	2,533
muusika	836,6	316,4	870	405	1637	4,546
Kokku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

**Tabel 112.** CO<sub>2</sub>-sisalduse (ppm) olulisemad arvarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul

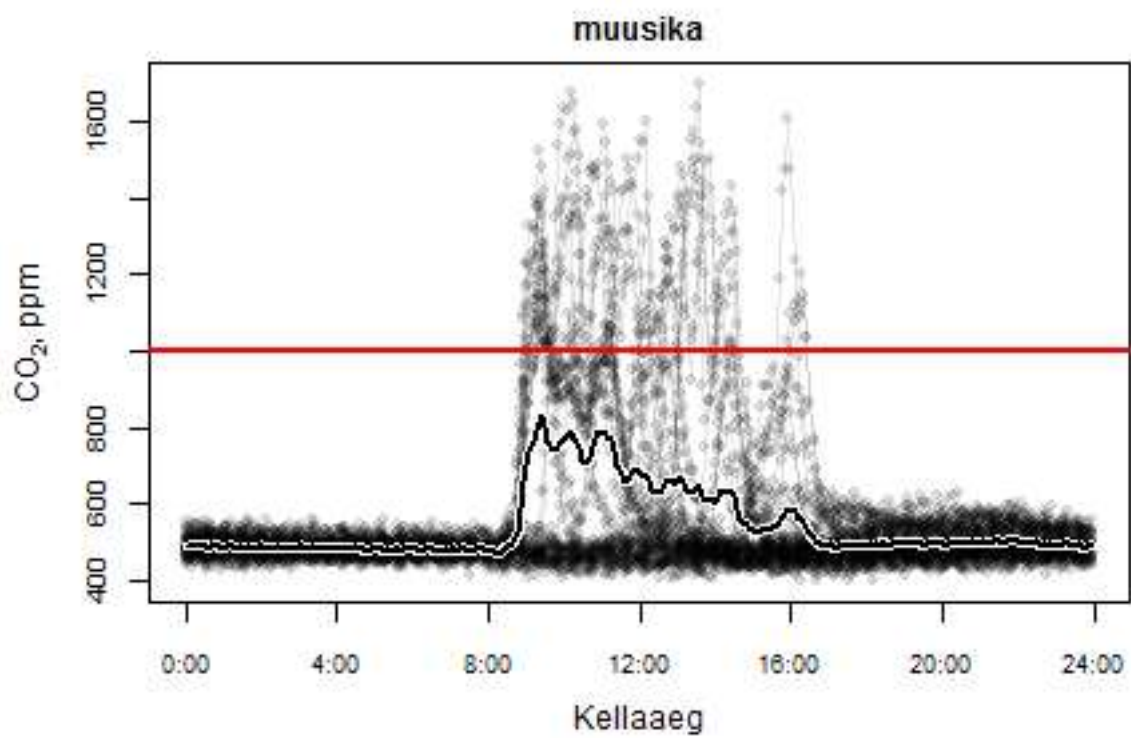


Graafik 265. Ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus söögisaalis ööpäeva lõikes

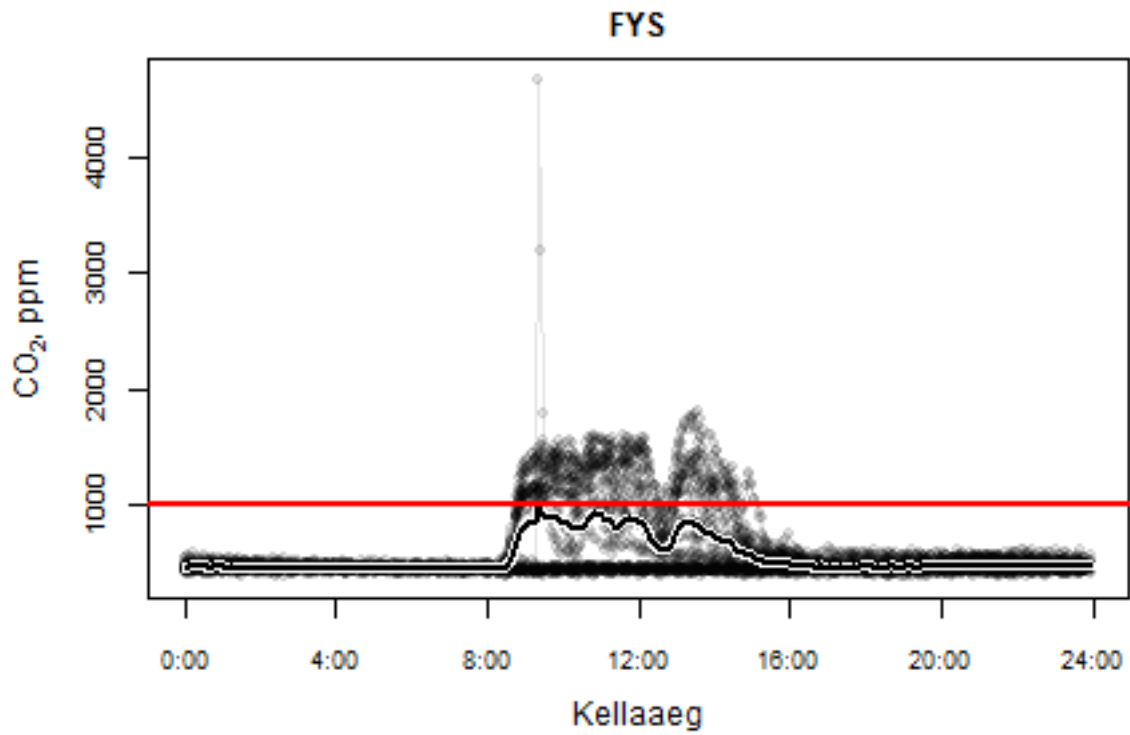




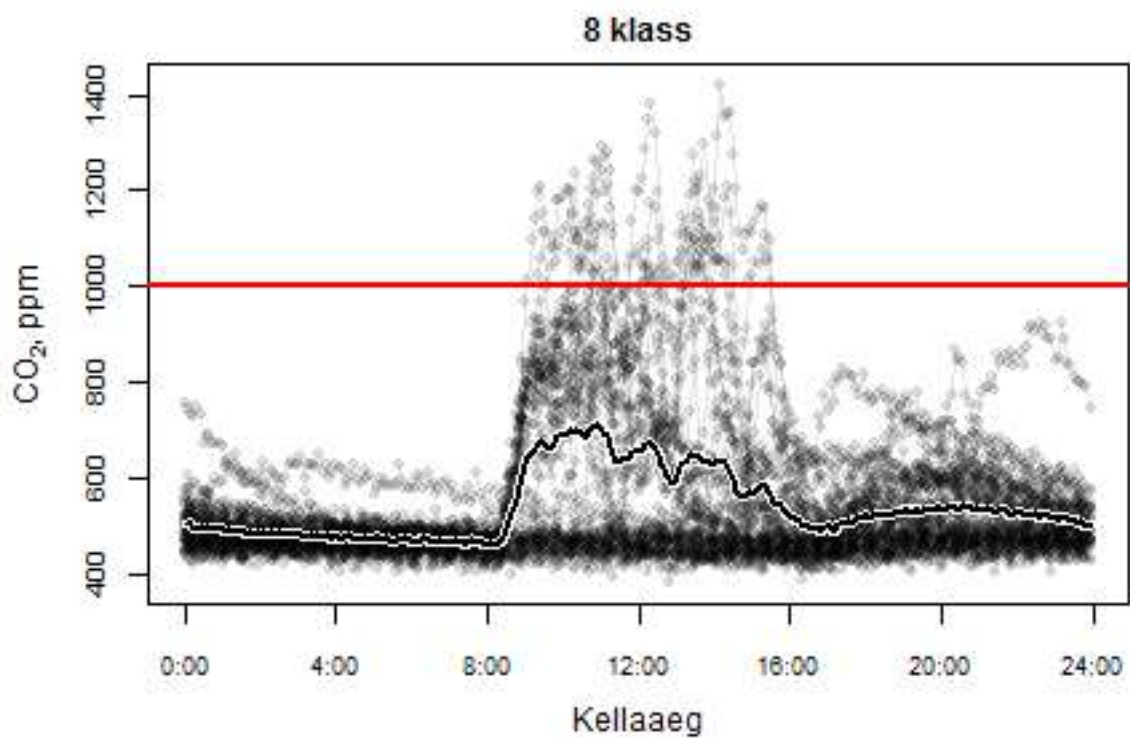
Graafik 266. Ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus spordisaalis ööpäeva lõikes



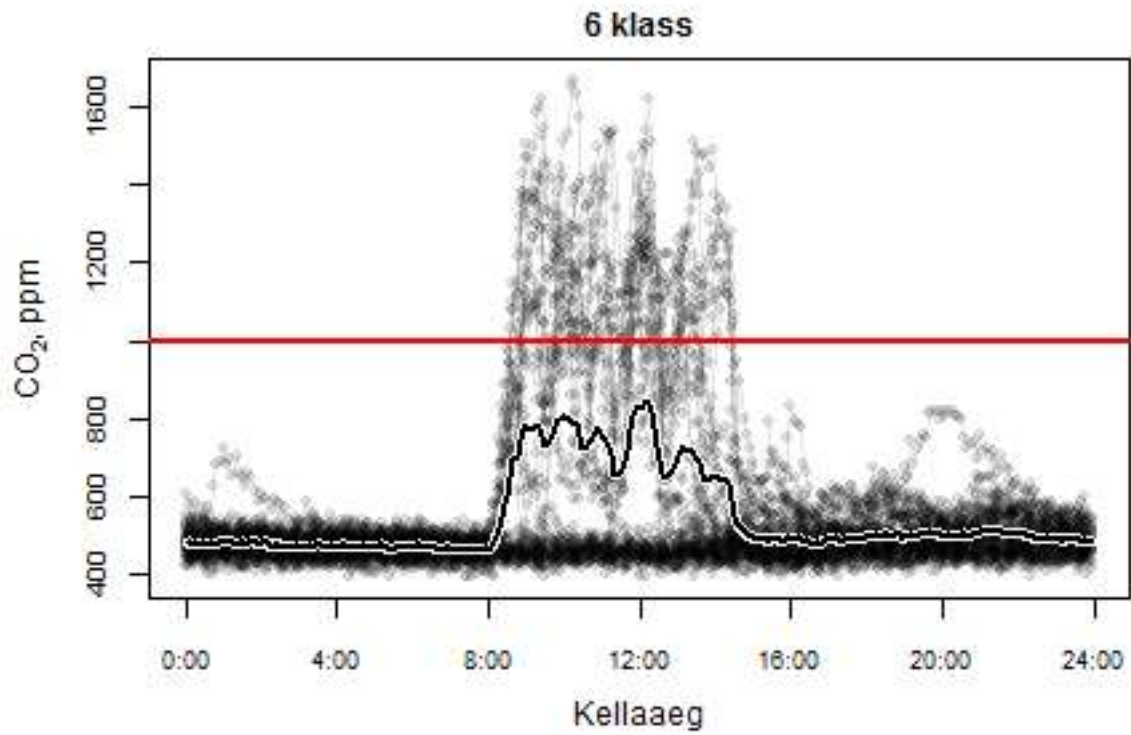
Graafik 267. Ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus muusika klassis ööpäeva lõikes



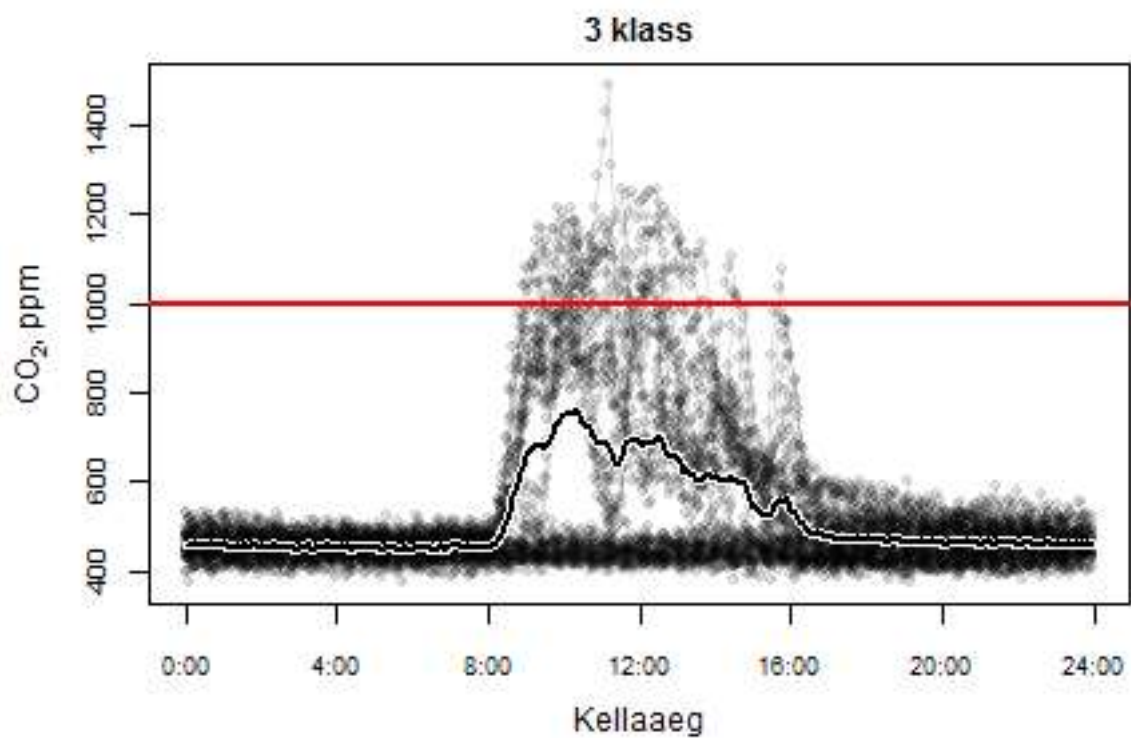
Graafik 268. Ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus füüsika klassis ööpäeva lõikes



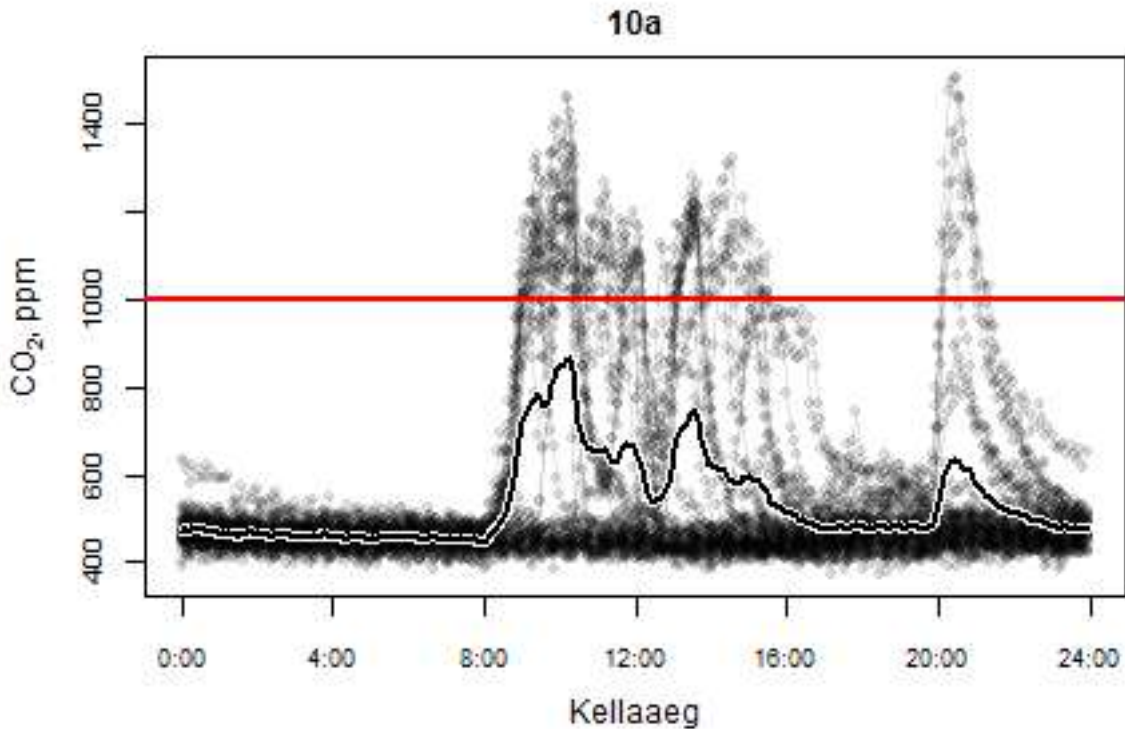
Graafik 269. Ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus 8 klassis ööpäeva lõikes



Graafik 270. Ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus 6 klassis ööpäeva lõikes



Graafik 271. Ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus 3 klassis ööpäeva lõikes



Graafik 272. Ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus 10a klassis ööpäeva lõikes

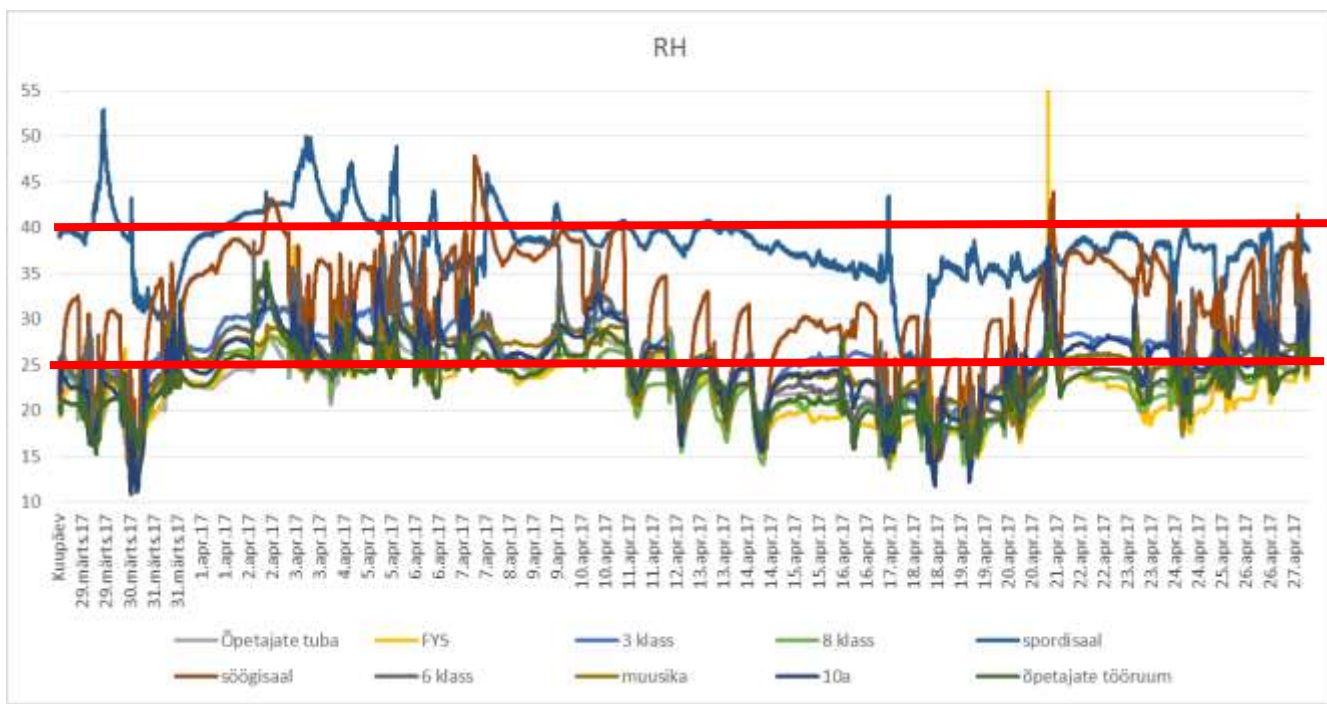
Vahetundide ajal langeb CO<sub>2</sub> tase kiiresti, kuid jääb tihti siiski üle lubatud piiri (tabel 113). Aeglasemalt langeb tase 3. ja 8. klassis. Nendes klassiruumides soovitame õpilastel väljuda vahetunni ajaks klassiruumist ning tuulutada klassiruumi vahetunnil akende kaudu.

Ruum	Keskmine	Standard- hälve	Mediaan	Miinumum	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.** CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub> 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
<b>KOKKU</b>	10633	10632	10633	10633	10633	10633	10633	10633	10633	10633	<b>95696</b>
<b>alla 40 %</b>	10633	10631	10633	10633	8332	10356	10633	10633	10633	10633	<b>93117</b>
<b>alla 25 %</b>	8378	8323	3584	6840	39	1914	4009	4896	4824	8110	<b>42539</b>
<b>alla 40 %</b>	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	78,4%	97,4%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	<b>97,3%</b>
<b>alla 25 %</b>	78,8%	78,3%	33,7%	64,3%	0,4%	18,0%	37,7%	46,0%	45,4%	76,3%	<b>44,5%</b>

Tabel 114. Mõõtmiste arv allapoole lubatud õhu suhtelise niiskuse tasemeid koguliselt 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.

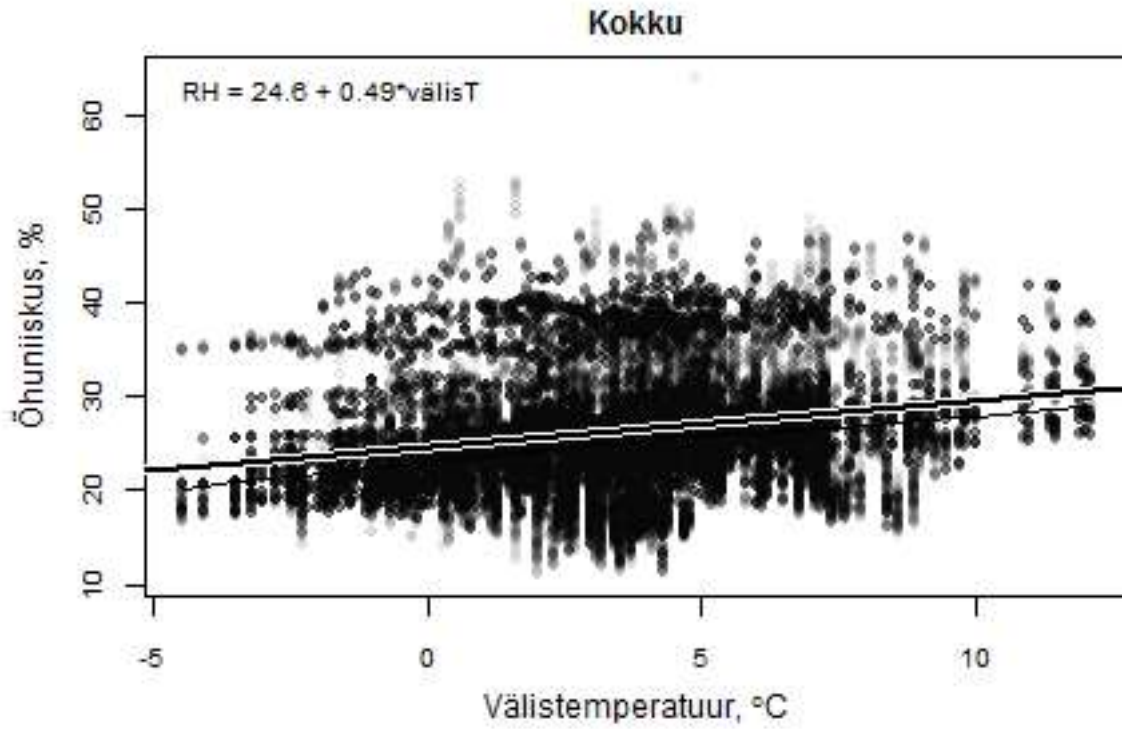
Ruum	Keskmine	Standard-hälve	Mediaan	Miinum	Maksimu m	Muutus minutis
10a	24,79	4,65	25,3	14,6	32,7	0,023
3 klass	25,77	4,36	26,2	15,5	34	0,004
6 klass	26,72	4,70	26,8	15,9	37	0,014
8 klass	23,39	4,87	24,9	13,8	33,3	0,010
FYS	26,00	4,37	25,8	16,2	37,9	0,012
muusika	24,11	4,13	24,4	15,3	33,7	0,017
Kokku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

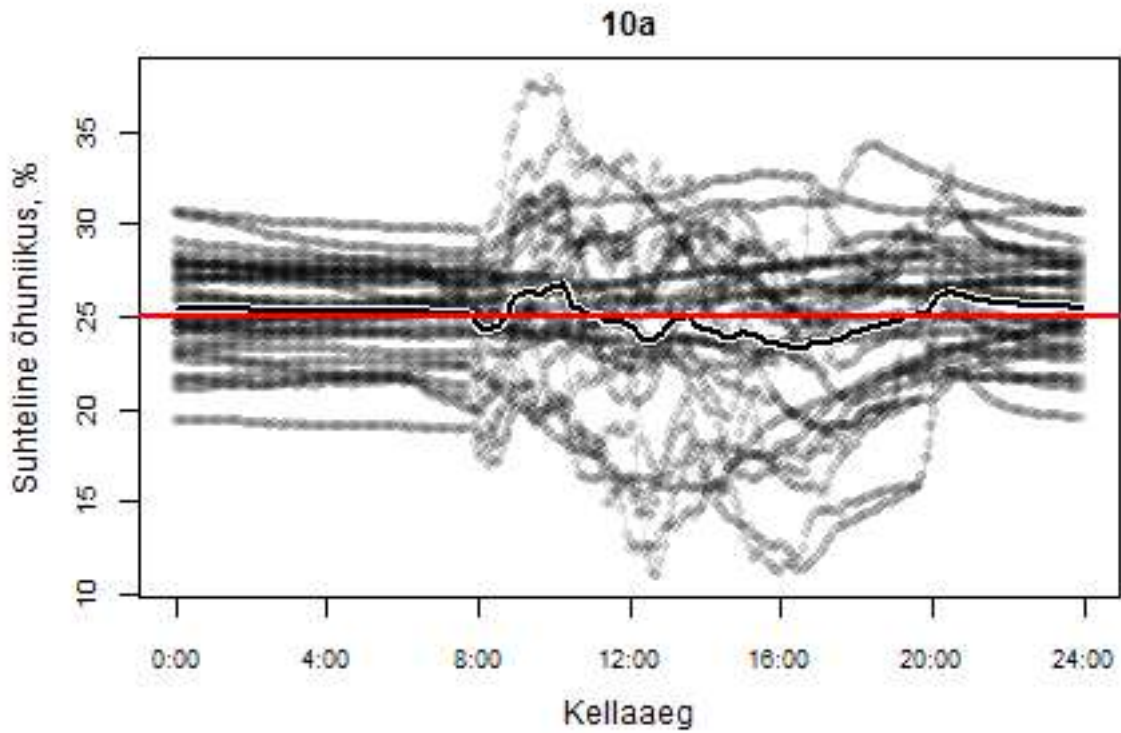
Ruum	Keskmine	Standard- hälve	Mediaan	Miinumum	Maksimu m	Korrelatsioon välistemp.- ga
10a	25,01	3,84	25,4	10,9	37,9	0,42
3 klass	25,75	3,74	26,2	14,8	35,1	0,31
6 klass	25,38	3,83	25,7	12,6	38,5	0,49
8 klass	23,07	3,53	23,6	12,0	33,3	0,39
FYS	22,82	3,70	23,1	12,5	64,0	0,41
muusika	24,61	3,40	25,2	12,3	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

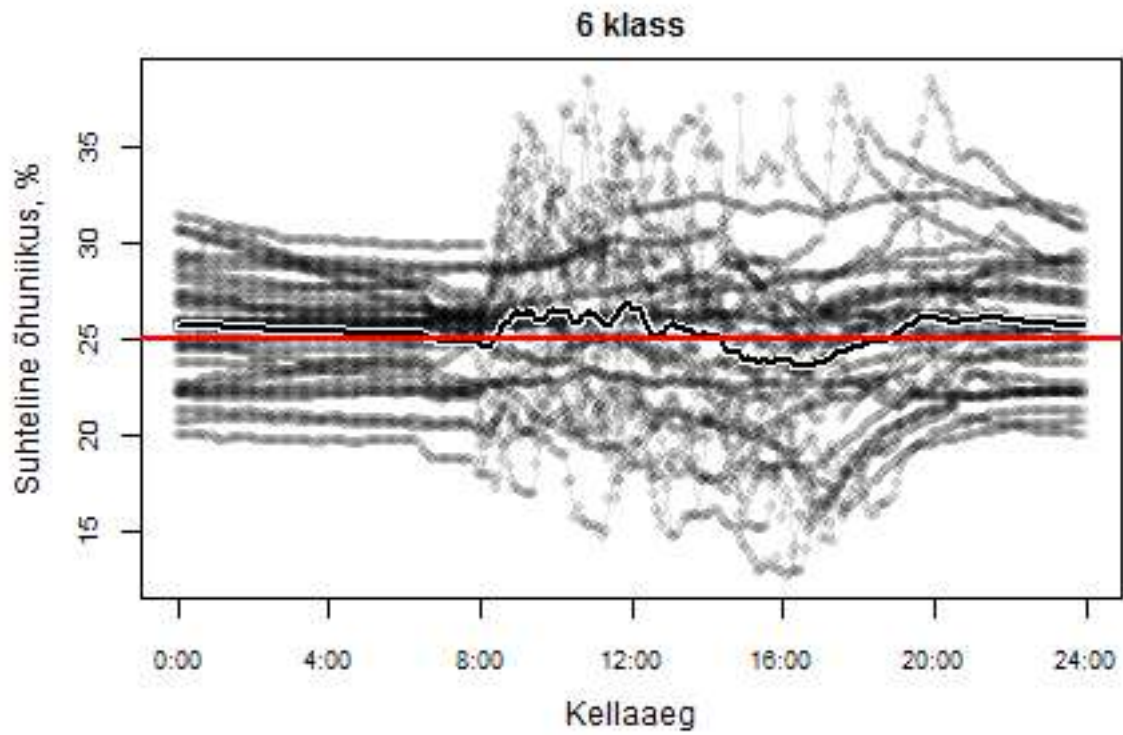
Siseõhu suhteline niiskus on keskmises korrelatsioonis välisõhu temperatuuriga. Kõikide ruumide näitude põhjal kokku saadi siseõhu suhtelise niiskuse ja välisõhu temperatuuri sõltuvuse lineaarseks regressioonivõrrandiks  $siseRH=24,6+0,49*välisT$  ehk iga 1°C välisõhu temperatuuri muutust toob kaasa 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).



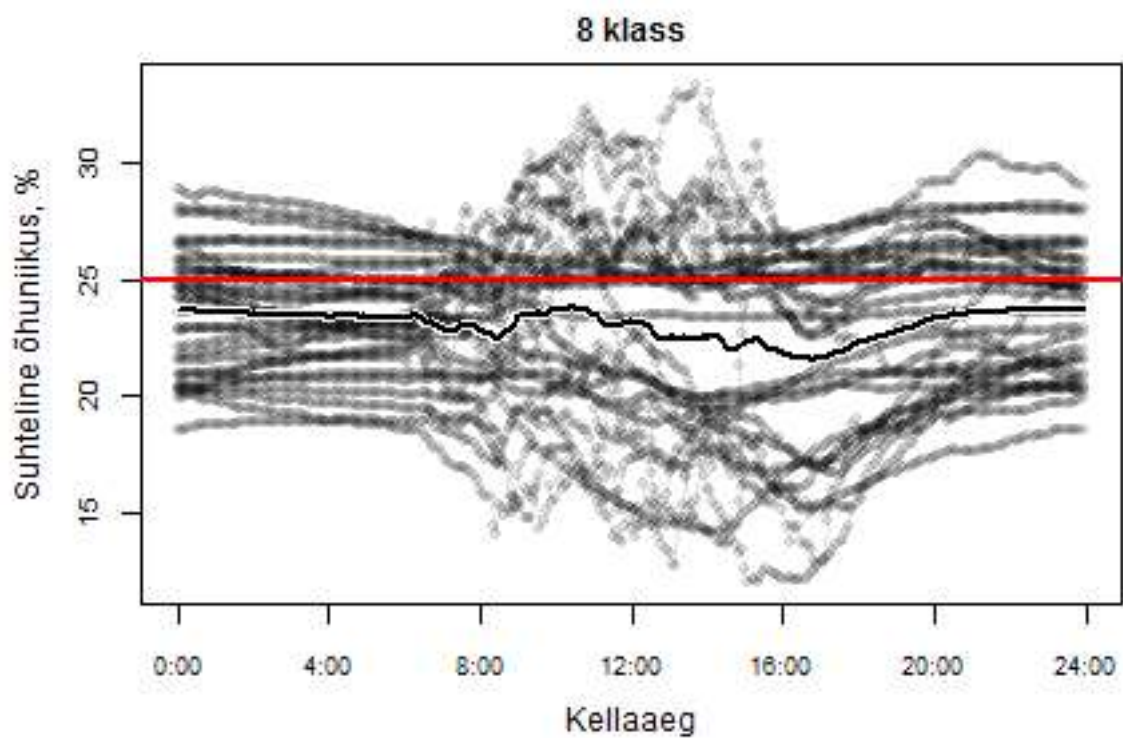
Graafik 274. Ruumiõhu suhtelise niiskuse ja välitemperatuuri vaheline seos



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

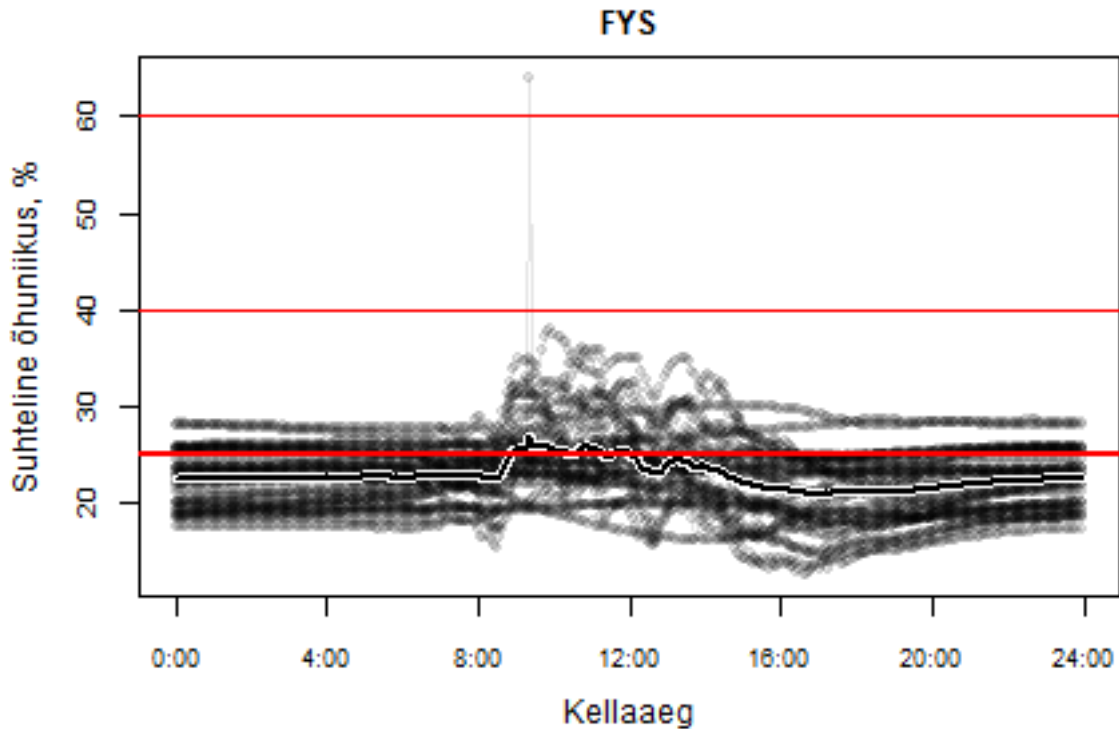


Graafik 276. Ruumiõhu suhtelise niiskuse muutus 6 klassis ööpäeva lõikes



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  $-20^{\circ}\text{C}$  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

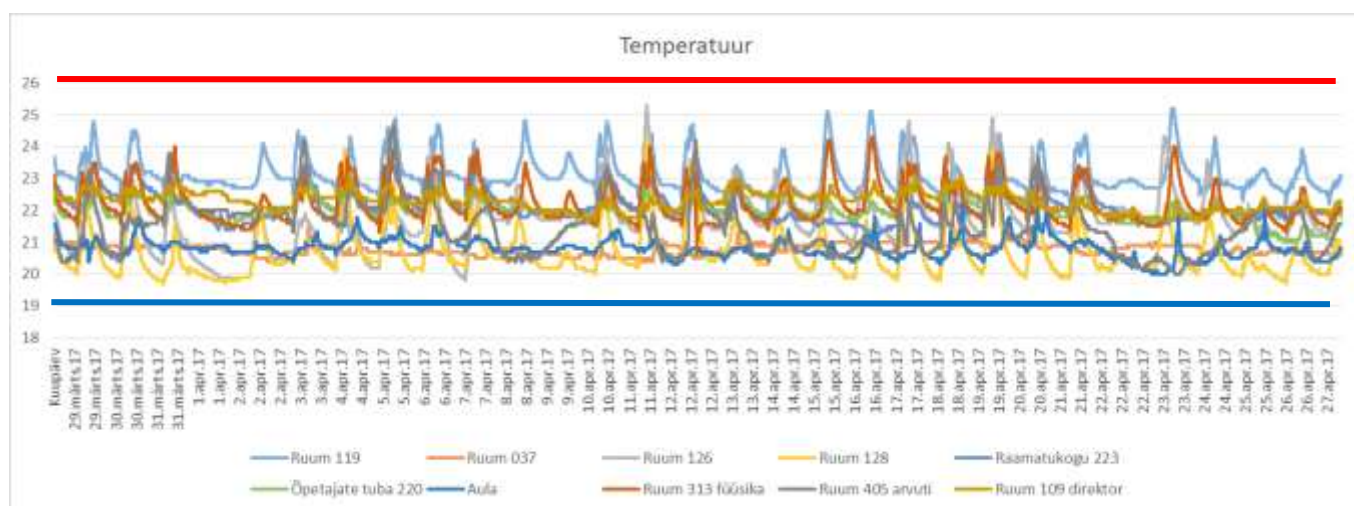
Mõõdistusseadmed: Delta OHM HD35, mõõtmisintervall 5 minutit

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
<b>KOKKU</b>	10623	10623	10623	10633	10623	10633	10623	10622	10623	10623	<b>106249</b>
<b>Üle 26 °C</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>alla 19 °C</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>Üle 26 °C</b>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	<b>0,0%</b>
<b>alla 19 °C</b>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	<b>0,0%</b>

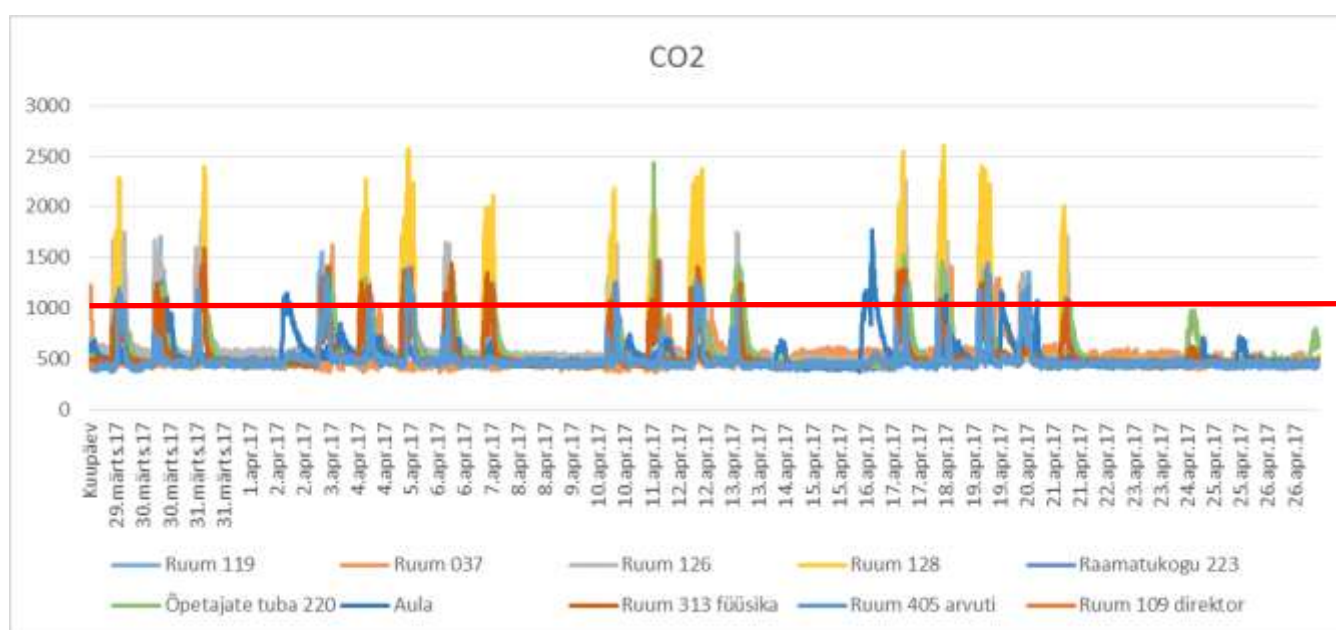
Tabel 117. Lubatud temperatuure ületanud mõõtmiste arv koguliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

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 CO<sub>2</sub> sisaldus ruumiõhus.



Graafik 280. Ruumiõhu CO<sub>2</sub> 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
<b>KOKKU</b>	10623	10623	10623	10633	10623	10633	10623	10622	10623	10623	<b>85003</b>
<b>Üle 1000 ppm</b>	670	122	1166	1041	919	935	162	535	333	9	<b>5100</b>
<b>Üle 1000 ppm</b>	6,3%	1,1%	11,0%	9,8%	8,7%	8,8%	1,5%	5,0%	3,1%	0,1%	<b>6,0%</b>

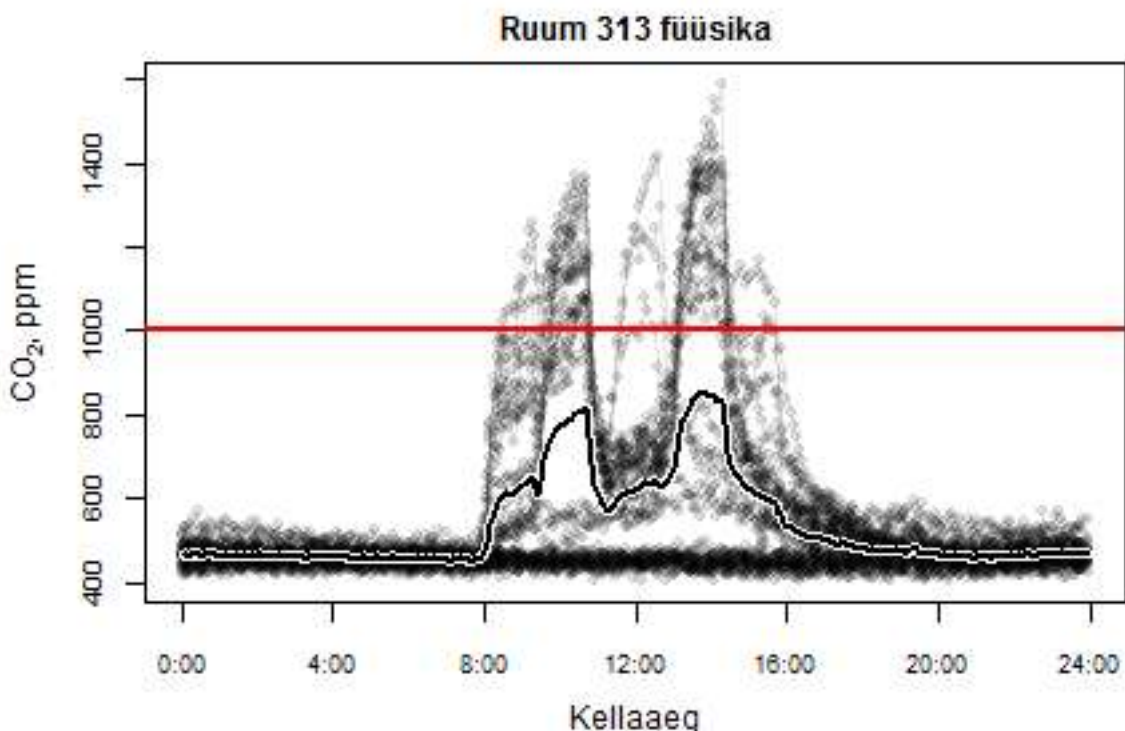
Tabel 119. Lubatud CO<sub>2</sub> taseme 1000 ppm ületanud mõõtmiste arv koguliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

Graafikult 280 ja tabelist 119 lähtub, et CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> taset kohati ka tundide ajal. Kusjuures klassiruumis 128 on ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse keskmine näit üle lubatud taseme.

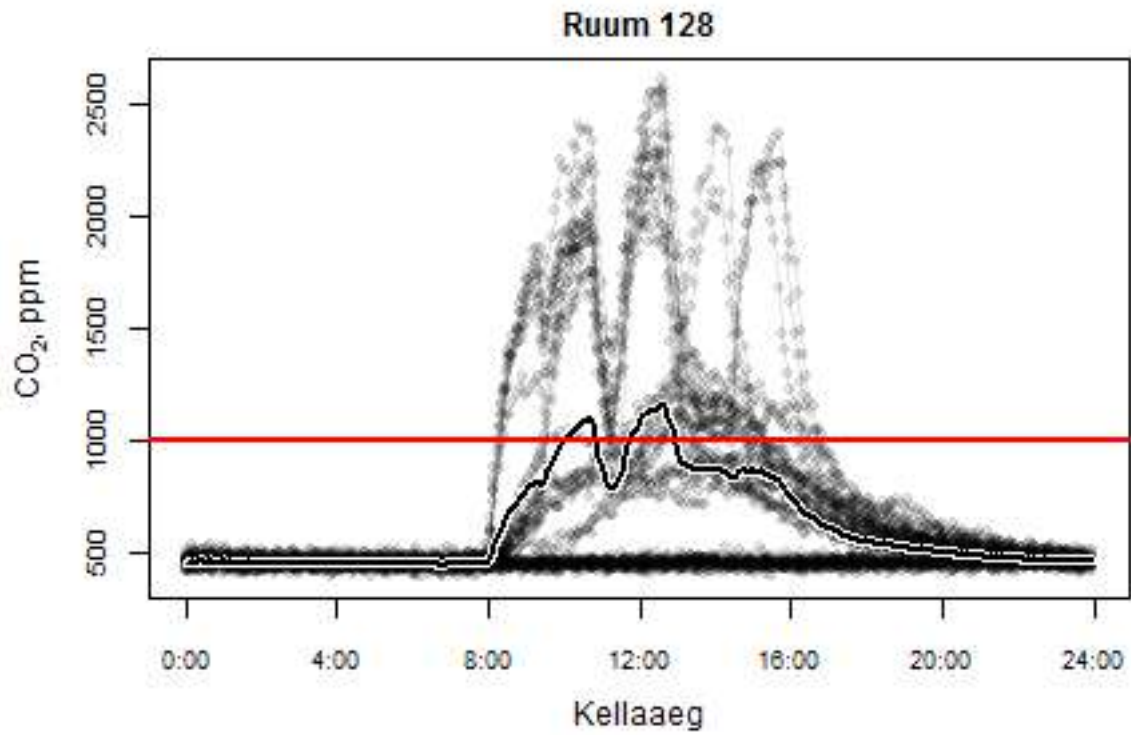
Graafikutelt 281-287 on näha, et kõikides ruumides tõuseb CO<sub>2</sub> tase õppetöö ajal ning langeb lubatud tasemele pärast õppetööd. Sellest tulenevalt on soovitatav reguleerida ventilatsioonisüsteemi õppetöö perioodiks intensiivsemaks ning tuulutada vahetundide ajal klassiruumi akende kaudu. Tabelist 121 on näha, et vahetundide ajal langeb CO<sub>2</sub> 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

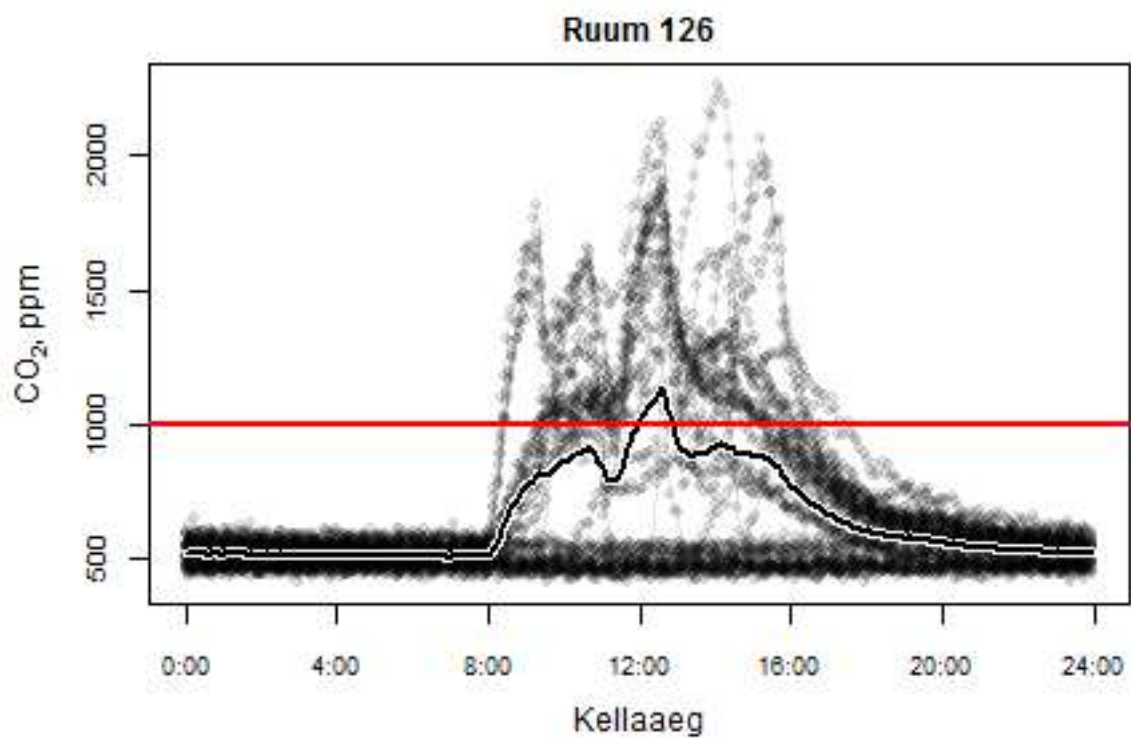
**Tabel 120.** CO<sub>2</sub>-sisalduse (ppm) olulisemad arvkarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul



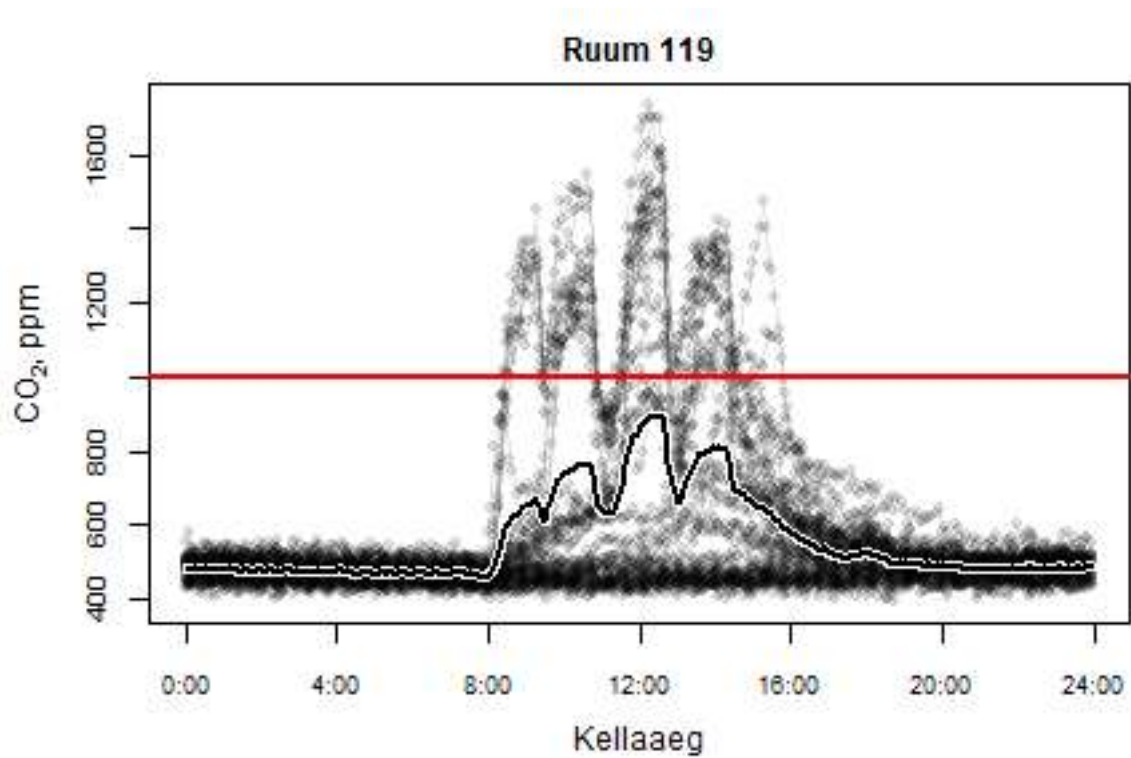
**Graafik 281.** Ruumi 313 õhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus ööpäeva lõikes



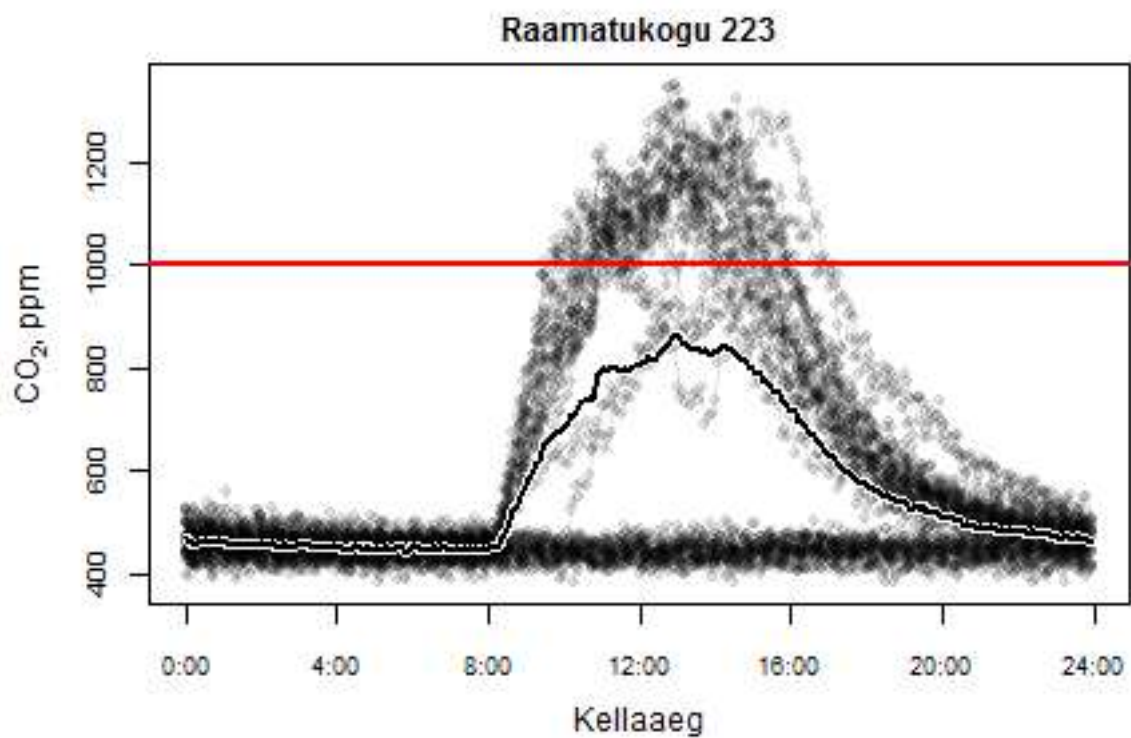
Graafik 282. Ruumi 128 õhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus ööpäeva lõikes



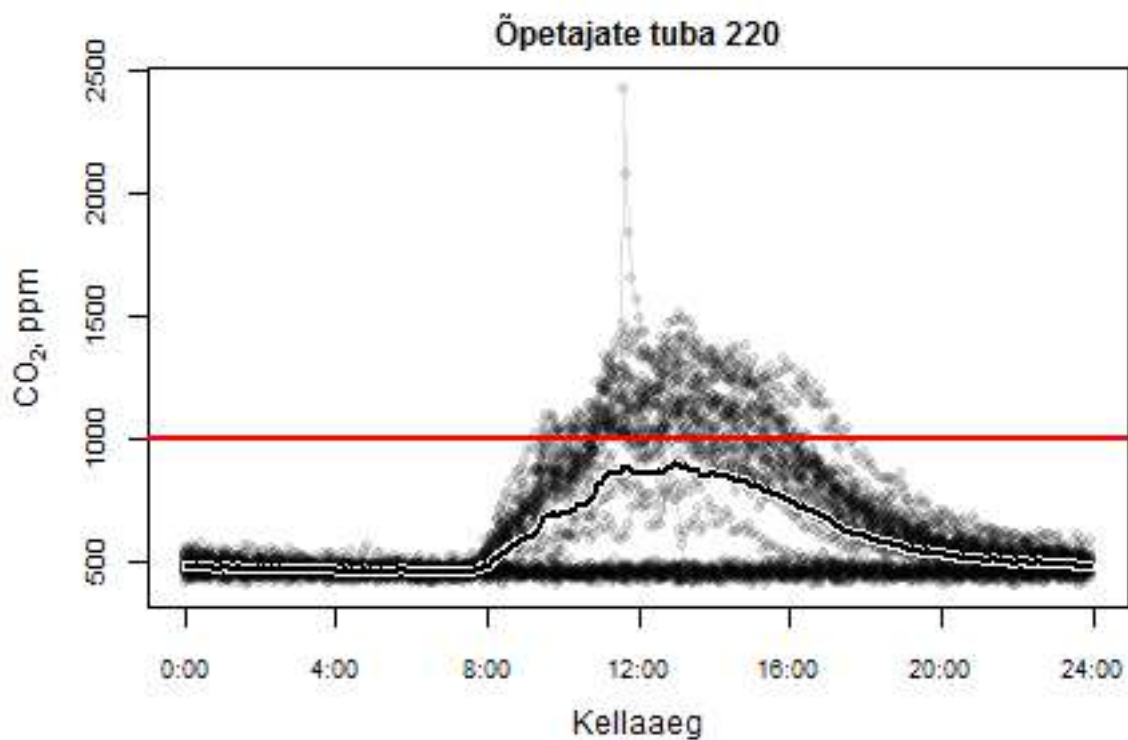
Graafik 283. Ruumi 126 õhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus ööpäeva lõikes



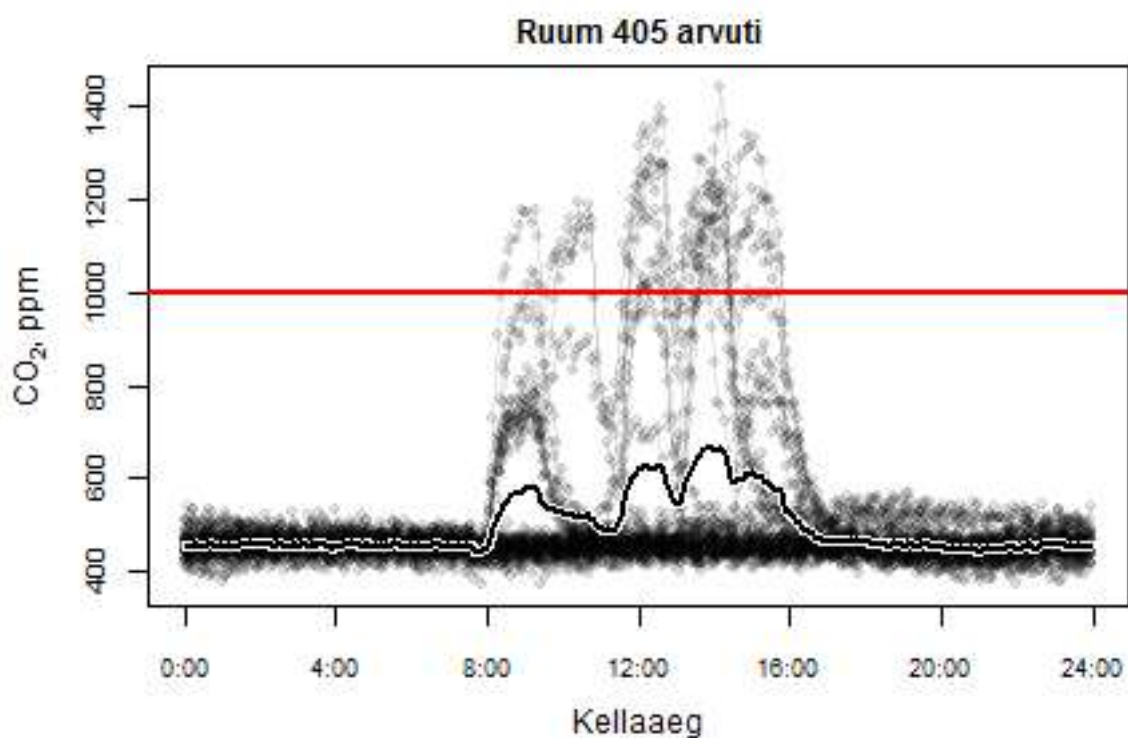
Graafik 284. Ruumi 119 õhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus ööpäeva lõikes



Graafik 285. Ruumi 223 raamatukogu õhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus ööpäeva lõikes



Graafik 286. Ruumi 220 õpetajate tuba õhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus ööpäeva lõikes



Graafik 287. Ruumi 405 arvutiklass õhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus ööpäeva lõikes

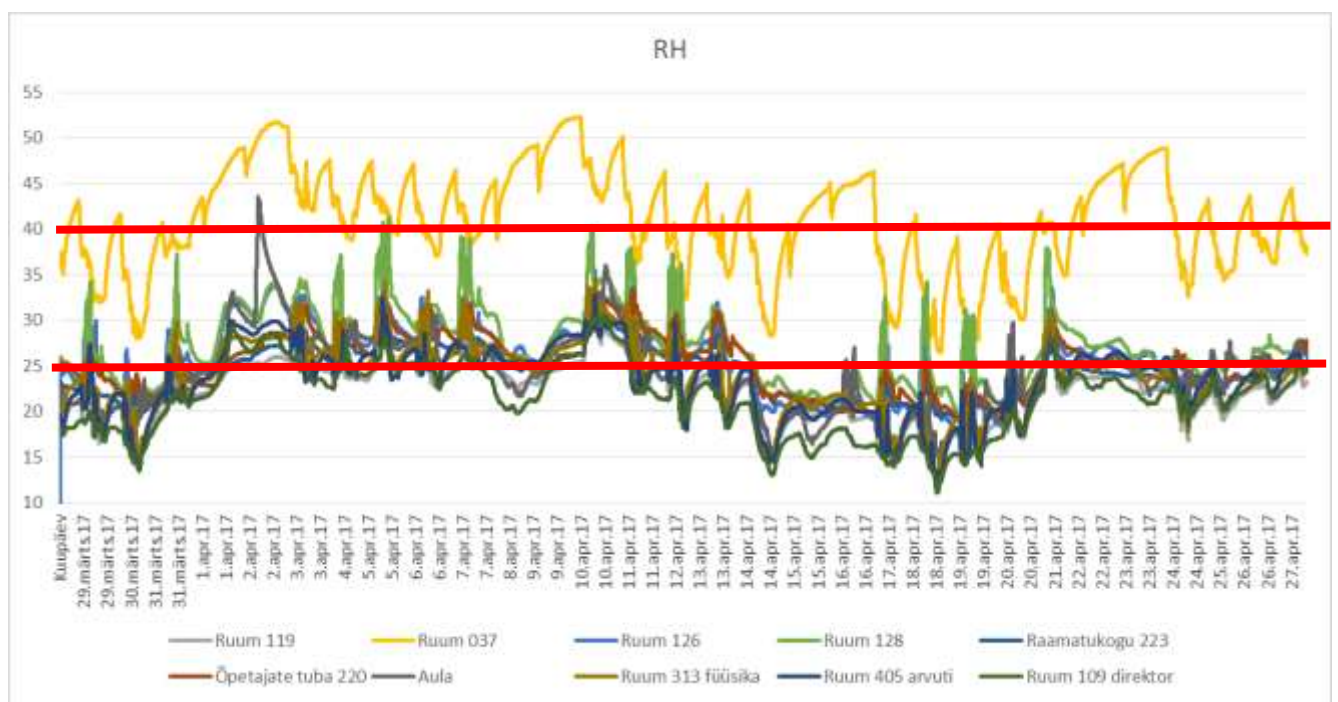
Ruum	Keskmine	Standard-	Mediaan	Miinimum	Maksimu	Muutus
------	----------	-----------	---------	----------	---------	--------

		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.** CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub> 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
<b>KOKKU</b>	10623	10623	10622	10633	10623	10633	10623	10622	10623	10623	<b>95625</b>
<b>alla 40 %</b>	10623	4533	10622	10610	10623	10633	10592	10622	10623	10623	<b>89481</b>
<b>alla 25 %</b>	8790	0	4282	2735	6277	4556	6129	6764	6383	8809	<b>45935</b>
<b>alla 40 %</b>	100,0%	42,7%	100,0%	99,8%	100,0%	100,0%	99,7%	100,0%	100,0%	100,0%	<b>93,6%</b>
<b>alla 25 %</b>	82,7%	0,0%	40,3%	25,7%	59,1%	42,8%	57,7%	63,7%	60,1%	82,9%	<b>48,0%</b>

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

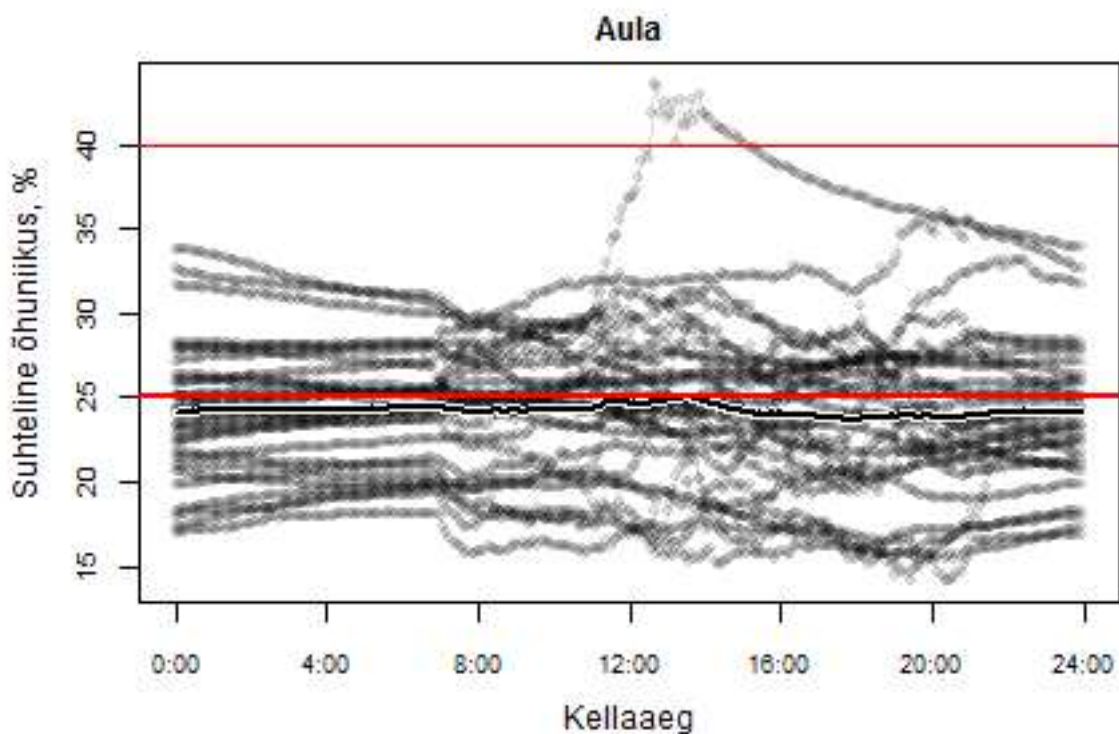


välitemperatuur oli +3,37°C, siis võib arvestada lubatud õhu suhteliseks niiskuseks 25%. Ruumi 037 oluliselt kõrgemat suhtelise õhuniiskuse taset on soovitatav täiendavalt uurida.

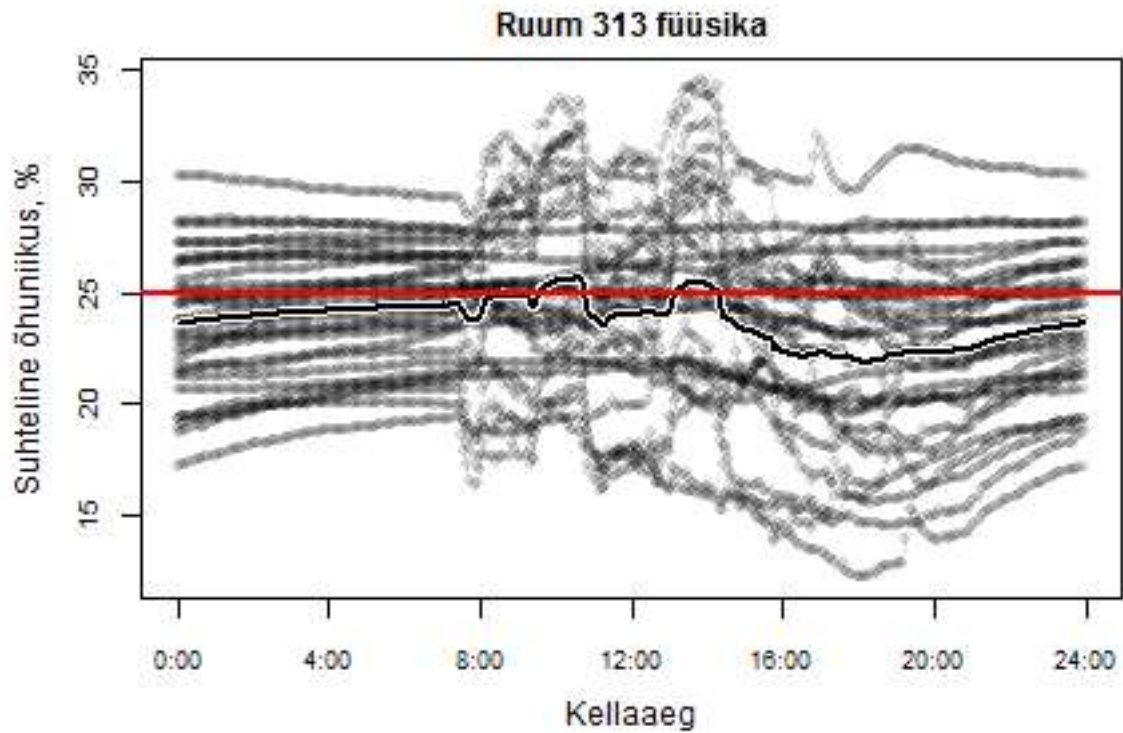
Tabeli 123 põhjal on suhteline õhuniiskus allapoole lubatud piiri ka õppetöö tundide ajal. Graafikutelt 289-294 on näha, et tundide ajal suhteline õhuniiskus pisut tõuseb, kuid jääb siiski keskmiselt sageli allapoole lubatud minimaalset piiri.

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

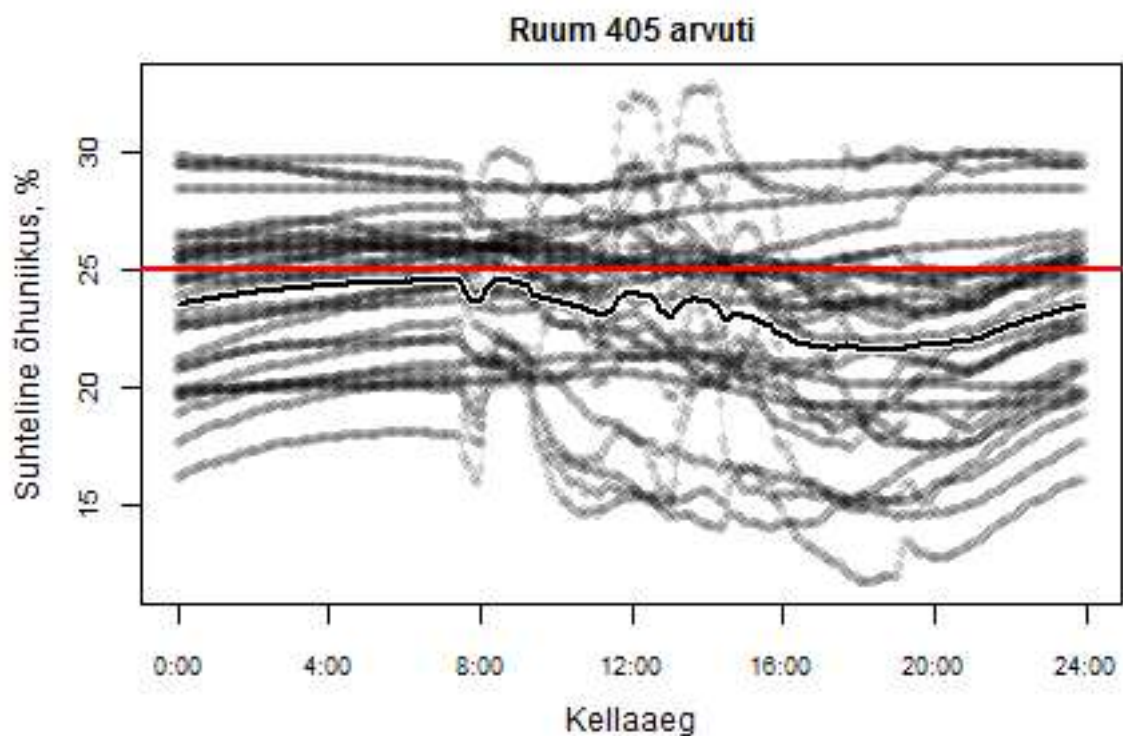
**Tabel 123.** Suhtelise õhuniiskuse (%) olulisemad arvarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minutis jooksul



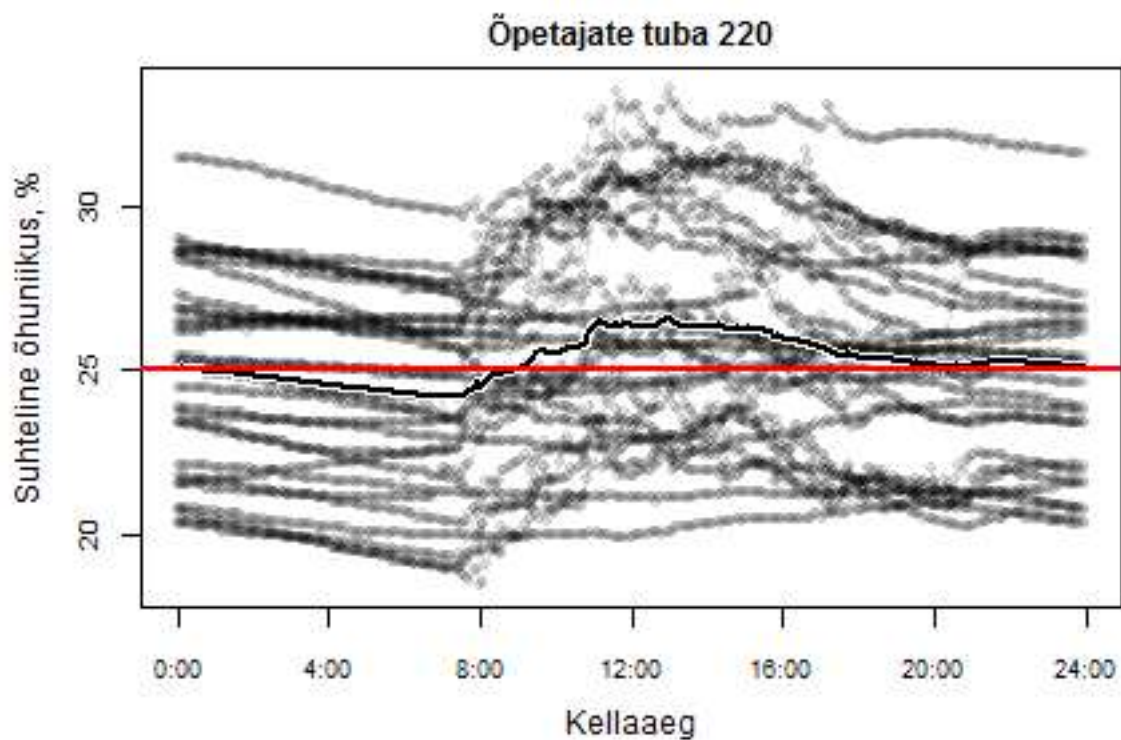
Graafik 289. Ruumiõhu suhtelise niiskuse muutus aulas ööpäeva lõikes



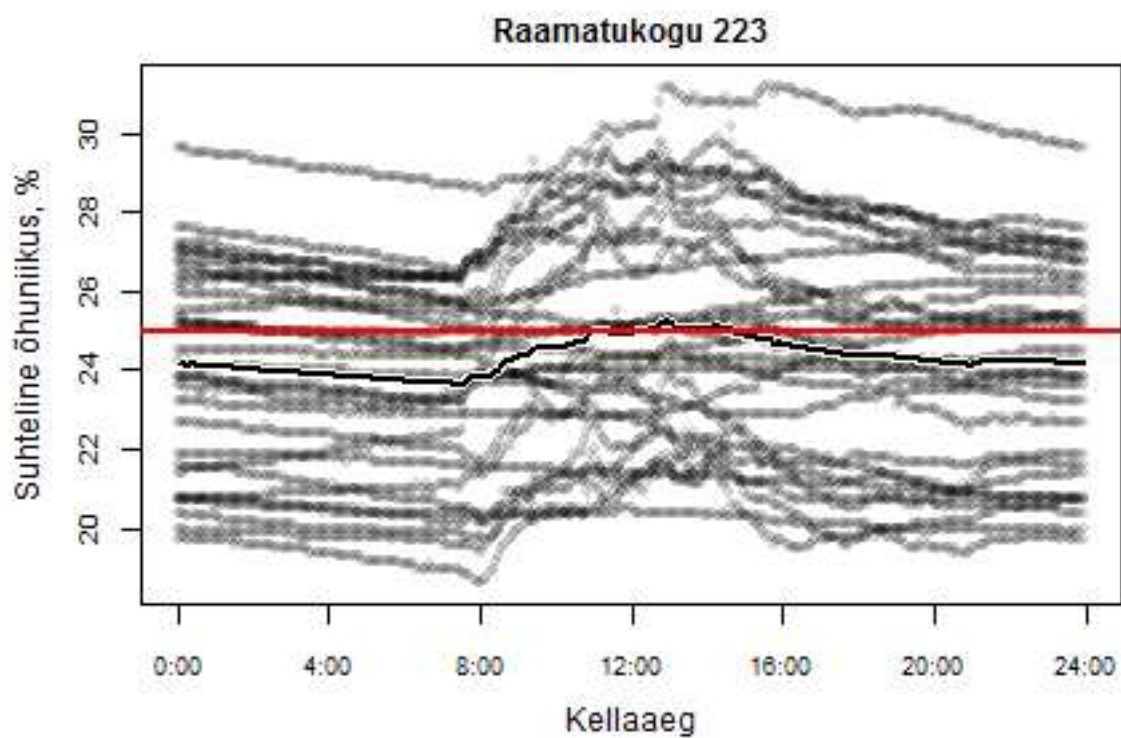
Graafik 290. Ruumiõhu suhtelise niiskuse muutus füüsika klassis 313 ööpäeva lõikes



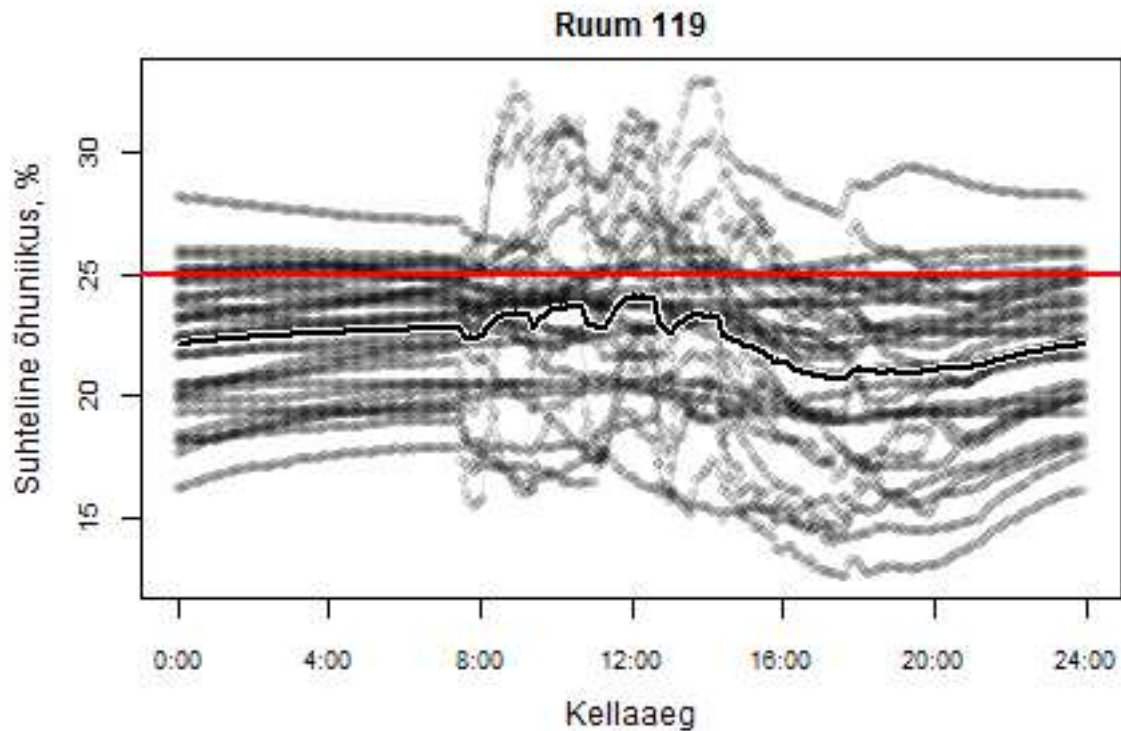
Graafik 291. Ruumiõhu suhtelise niiskuse muutus arvuti klassis 405 ööpäeva lõikes



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

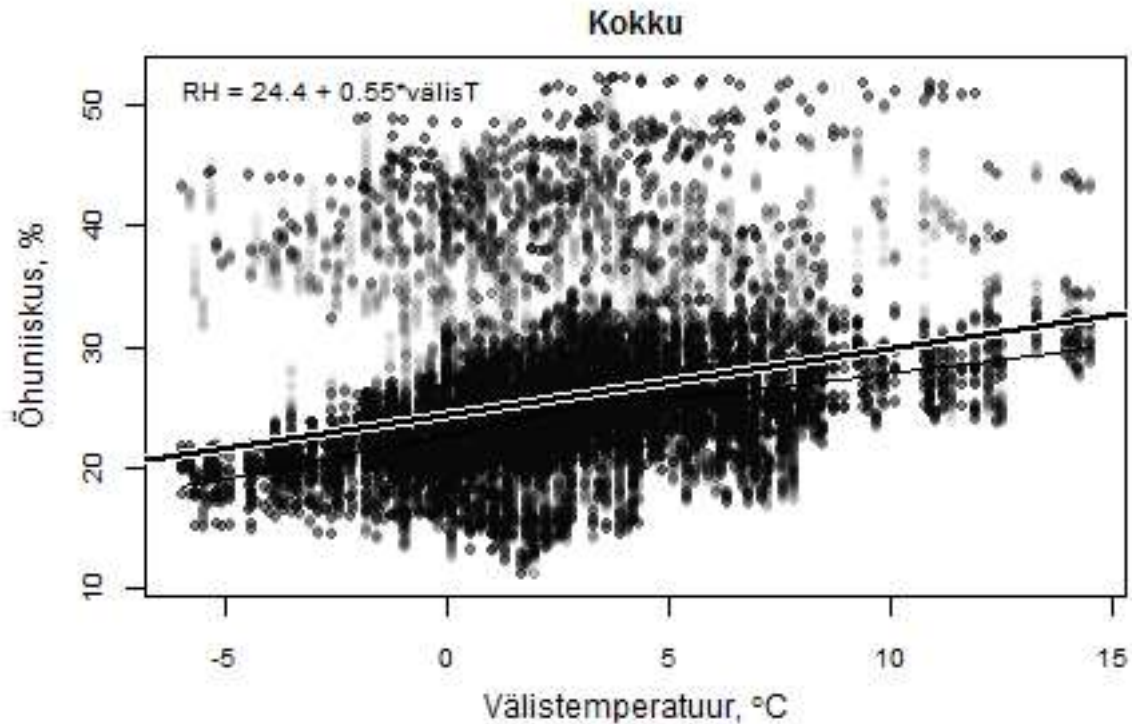


Graafik 293. Ruumiõhu suhtelise niiskuse muutus raamatukogus 223 ööpäeva lõikes



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  $\text{siseRH} = 24,4 + 0,55 \cdot \text{välisT}$  ehk iga  $1^\circ\text{C}$  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  $-20^{\circ}\text{C}$  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

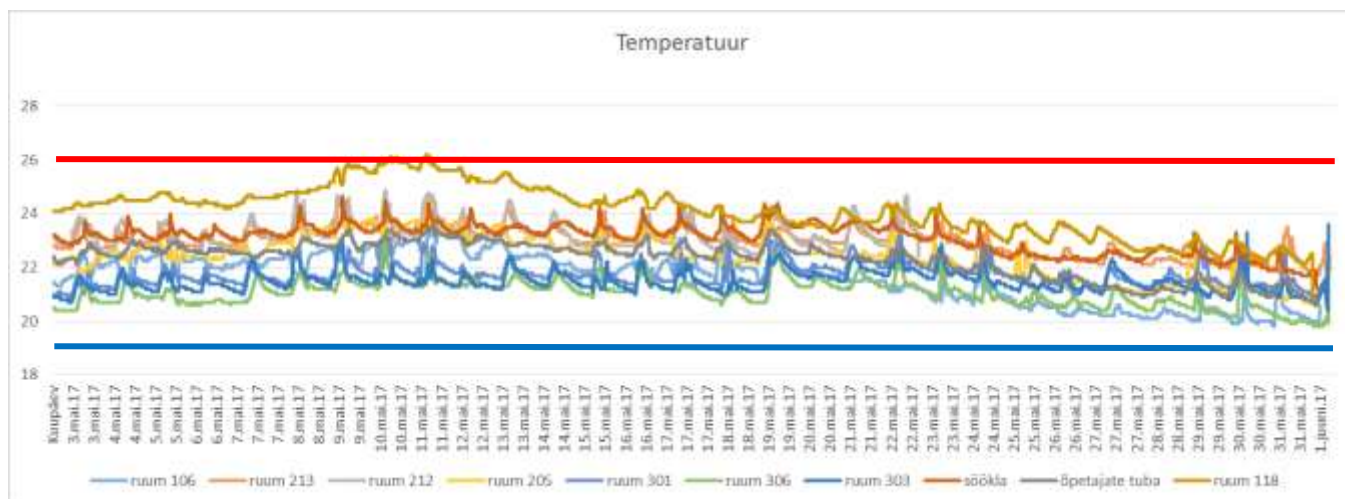
Mõõdistusseadmed: Delta OHM HD35, mõõtmisintervall 5 minutit

Mõõdistuse eripärad:

- Mõõdistused toimusid ajavahemikul kui välistemperatuur oli enamust ajast plusskraadides. Välisõhu temperatuurivahemik mõõtmisperioodil 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  $19^{\circ}\text{C}$  ja maksimaalne lubatud  $26^{\circ}\text{C}$



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
<b>KOKKU</b>	8493	8557	5805	8478	8536	8556	8553	8471	8476	8446	<b>82371</b>
<b>Üle 26 °C</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	<b>47</b>
<b>alla 19 °C</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>Üle 26 °C</b>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%	<b>0,1%</b>
<b>alla 19 °C</b>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	<b>0,0%</b>

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

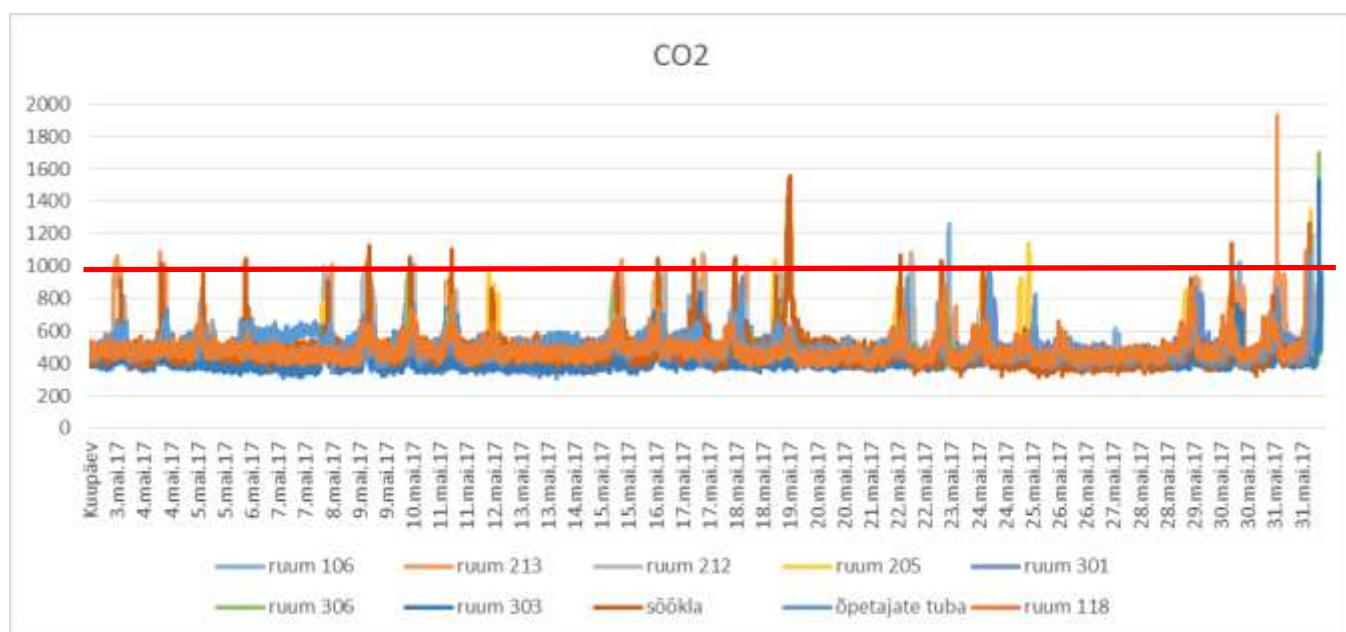
Graafikult 296 ja tabelist 125 lähtub, et Jõhvi Gümnaasiumis oli vaid üks mitteoluline kõrgeima lubatud temperatuuri ületamine ruumis 118 ning polnud temperatuure allapoole minimaalset lubatud temperatuuri 19°C. Temperatuur hoones on võrreldes teiste koolidega väga ühtlane. Tabelis 126 on näha temperatuuri 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 CO<sub>2</sub> sisaldus ruumiõhus.



Graafik 297. Ruumiõhu CO<sub>2</sub> 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
<b>KOKKU</b>	8493	8557	5805	8478	8536	8556	8553	8471	8476	8446	<b>65321</b>
<b>Üle 1000 ppm</b>	18	49	12	14	2	2	2	67	2	2	<b>103</b>
<b>Üle 1000 ppm</b>	0,2%	0,6%	0,2%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%	0,0%	0,0%	<b>0,2%</b>

Tabel 128. Lubatud CO<sub>2</sub> taseme 1000 ppm ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

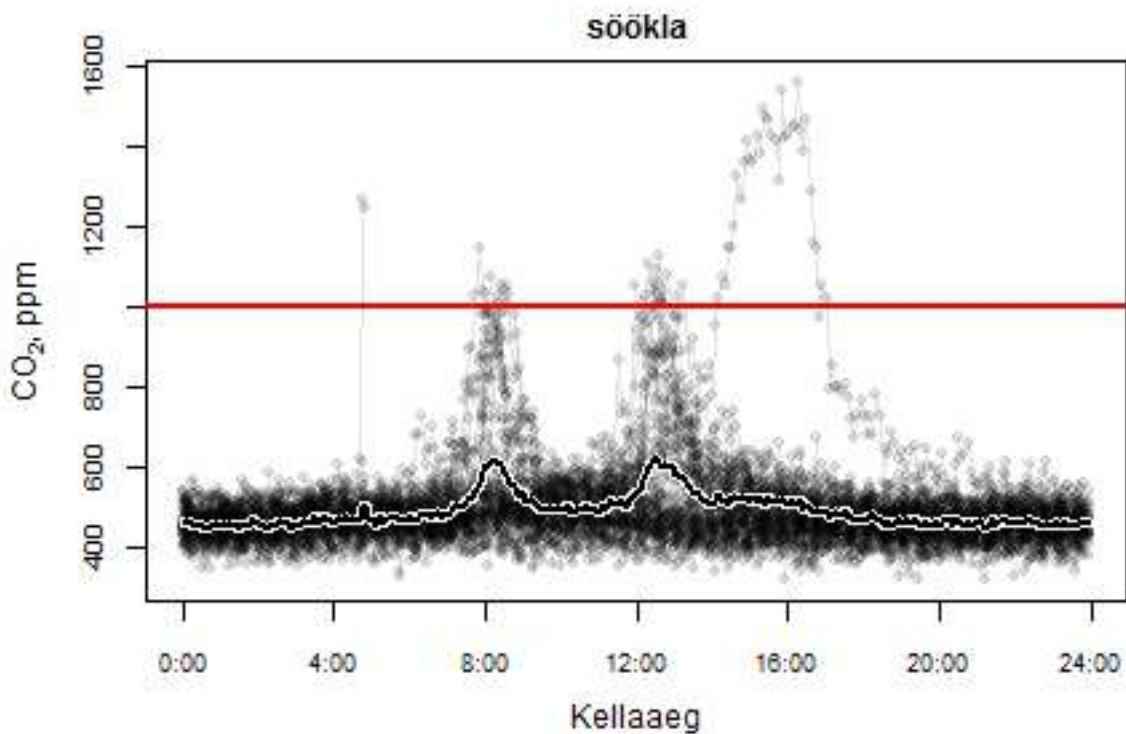
Graafikult 297 ja tabelist 128 lähtub, et CO<sub>2</sub> sisaldus ületab kõigis ruumides mingi ajaperioodi vältel lubatu piiri. Kuid mitte üheski ruumis polnud ületamine märkimisväärne. Tabelist 129 on näha, et tundide ajal CO<sub>2</sub> tase pisut tõuseb, kuid vaid kahes ruumis (212 ja 213) on lühiajaliselt ületatud lubatud piiri. Põhilised ületamised olid vahetult õppeaasta lõpus. Graafikutele 299 ja 300 näha olev üksik kõrge CO<sub>2</sub> 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
------	----------	----------------	---------	----------	----------	----------------

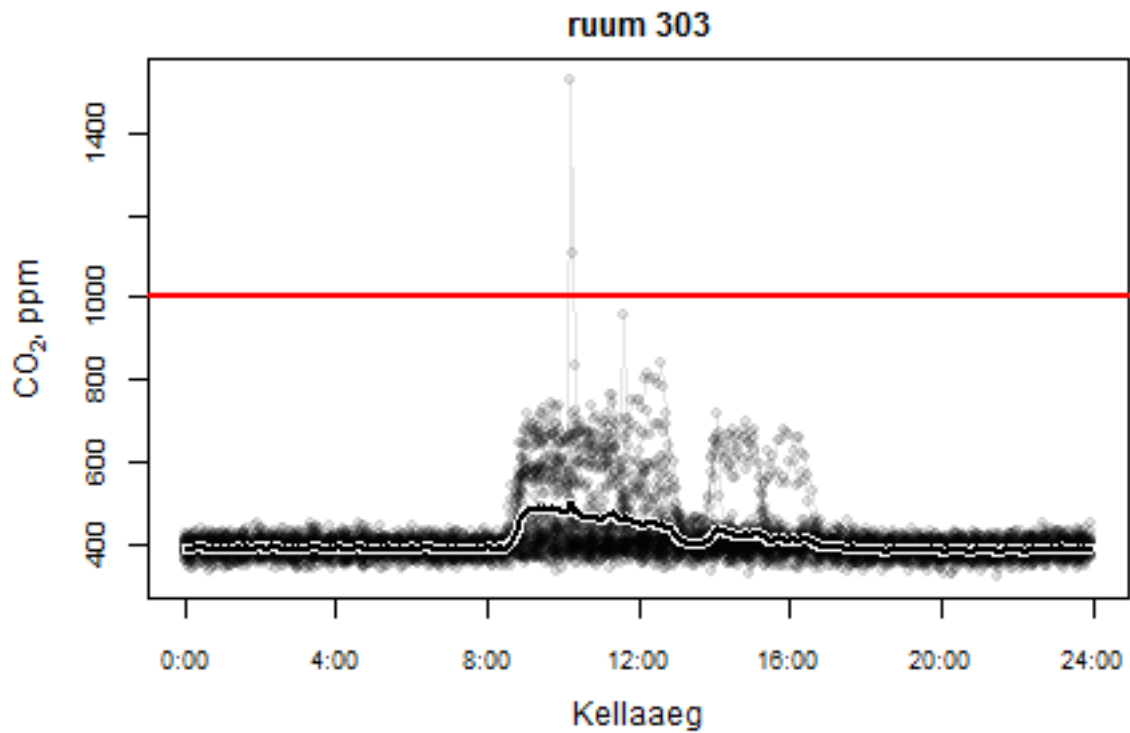


ruum 106	549,54	93,69	539	403	871	0,473
ruum 213	709,60	190,64	718	389	1461	2,749
ruum 212	707,05	153,13	713	423	1044	2,338
ruum 205	582,09	129,33	535	416	922	0,712
ruum 301	607,39	116,07	615,5	347	900	1,076
ruum 306	609,16	124,83	641	386	864	0,892
ruum 303	521,05	102,27	508,5	365	817	0,757
ruum 118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

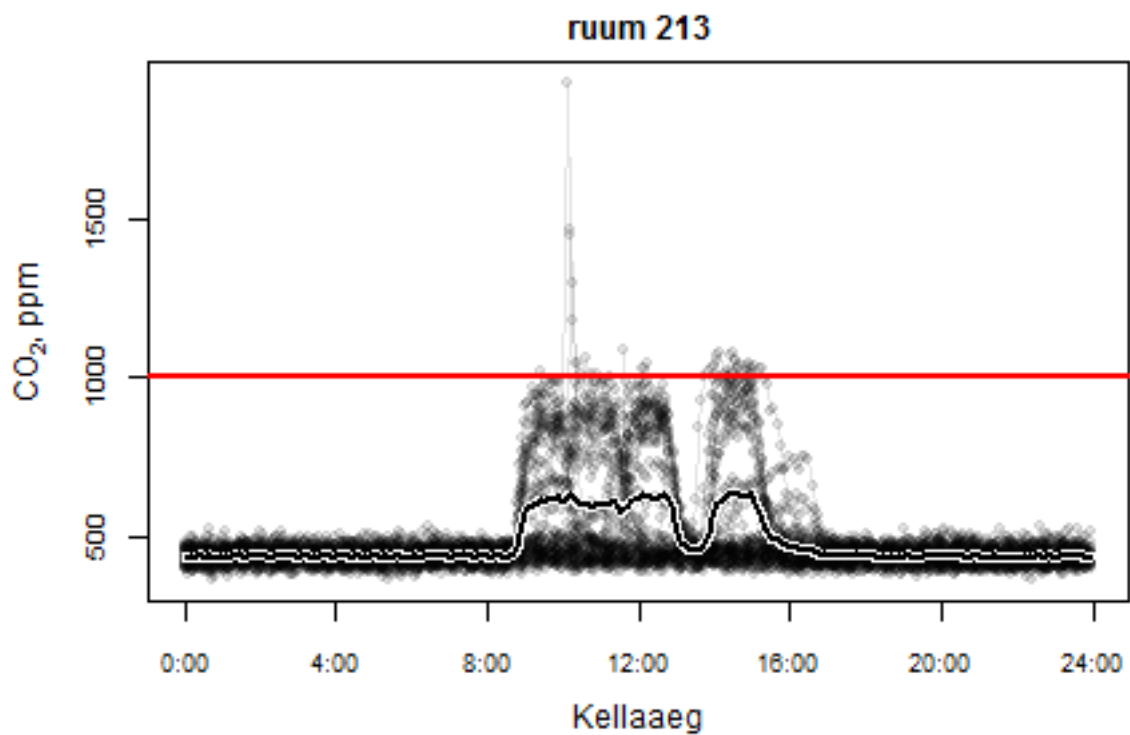
**Tabel 129.** CO<sub>2</sub>-sisalduse (ppm) olulisemad arvkarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul



Graafik 298. Söökla õhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus ööpäeva lõikes



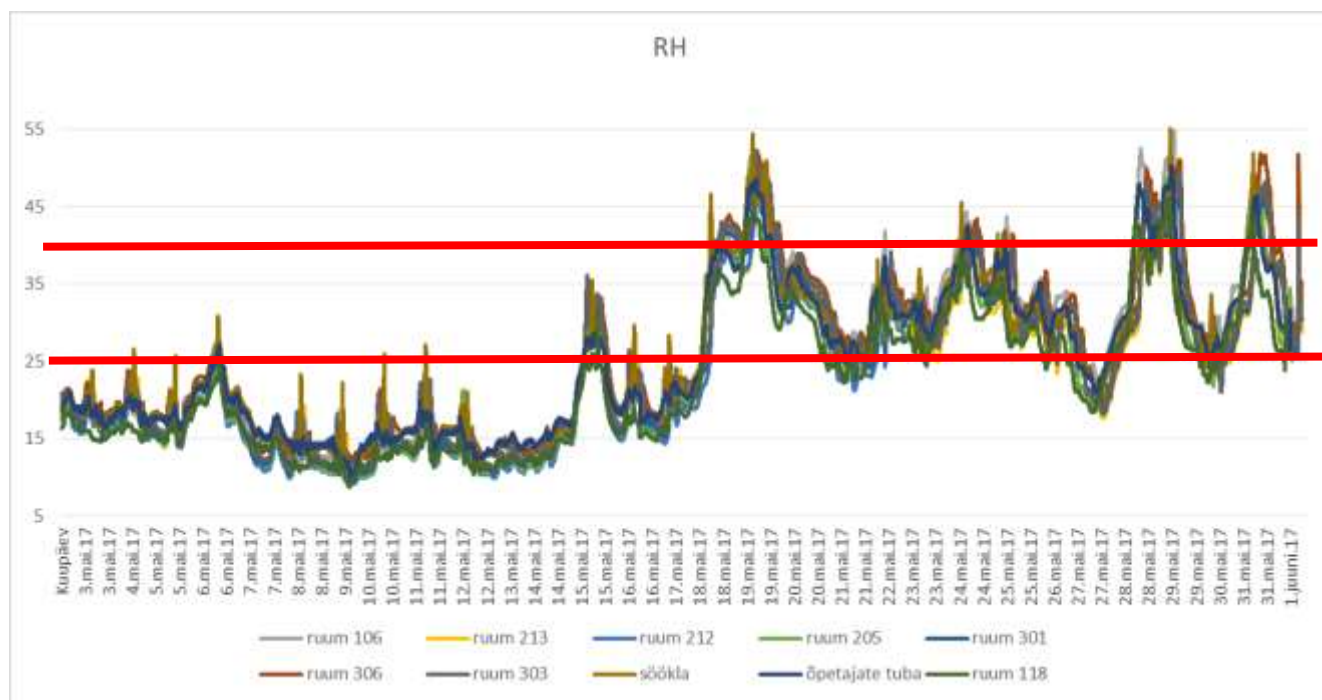
Graafik 299. Ruumi 303 õhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus ööpäeva lõikes



Graafik 300. Ruumi 213 õhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus ööpäeva lõikes

Jõhvi Gümnaasiumi siseõhu CO<sub>2</sub> 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
<b>KOKKU</b>	8493	8557	5805	8478	8536	8556	8553	8471	8476	8446	<b>73878</b>
<b>alla 40 %</b>	7592	8048	5666	7881	7847	7582	7694	7899	7875	8133	<b>68625</b>
<b>alla 25 %</b>	4422	4868	4576	4673	4698	4425	4504	4374	4443	5076	<b>41637</b>
<b>alla 40 %</b>	89,4%	94,1%	97,6%	93,0%	91,9%	88,6%	90,0%	93,2%	92,9%	96,3%	<b>92,9%</b>
<b>alla 25 %</b>	52,1%	56,9%	78,8%	55,1%	55,0%	51,7%	52,7%	51,6%	52,4%	60,1%	<b>56,4%</b>

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

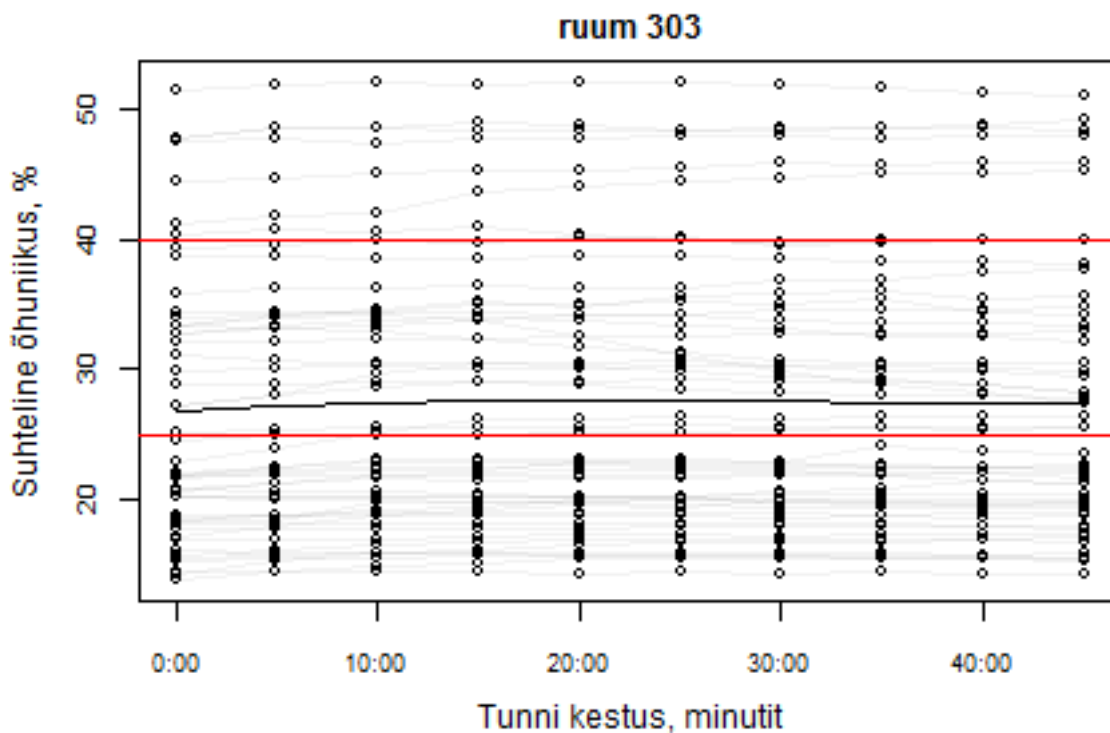
Graafikult 301 ja tabelist 130 lähtub, et suhtelise õhuniiskuse tase jääb mõõdistuste esimesel perioodil allapoole lubatud piirmäära 25%, kuid teisel perioodil välisõhu temperatuur tõusis ning koos sellega tõusis ka suhtelise õhuniiskuse tase ruumides.

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.

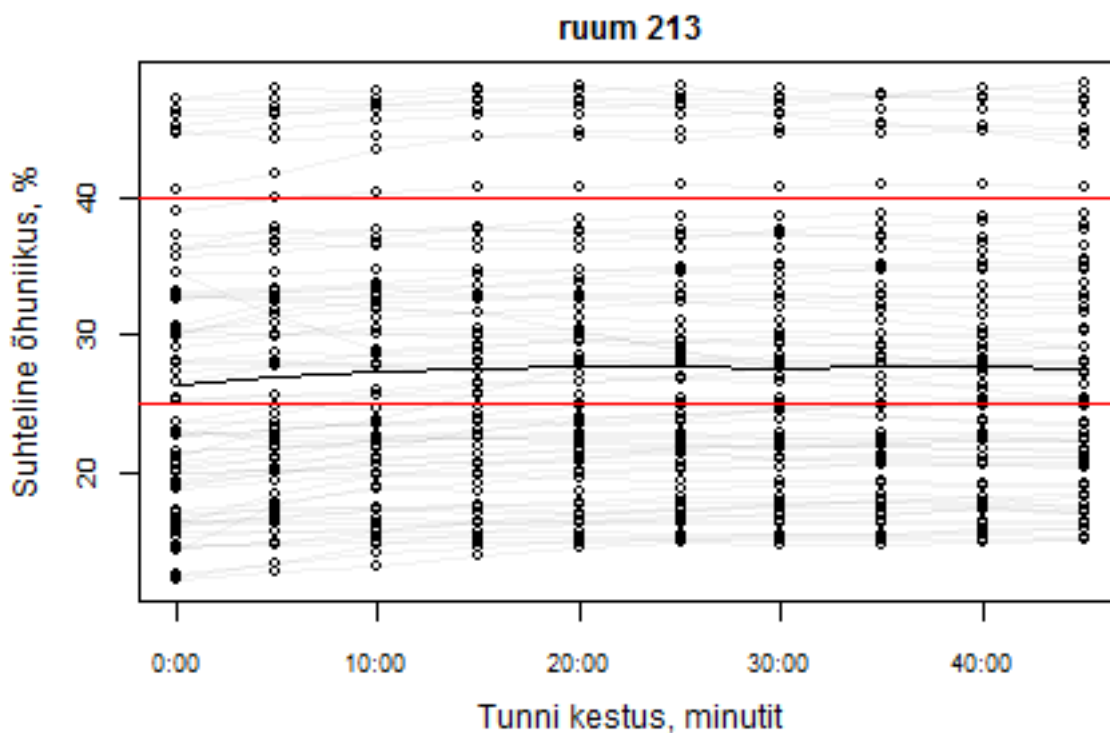
Ruum	Keskmine	Standard-hälve	Mediaan	Miinumum	Maksimum	Muutus minutis
ruum 106	27,93	12,32	21,4	10,5	49,2	-0,003
ruum 213	27,39	9,46	25,5	12,1	48,3	0,022
ruum 212	23,68	9,29	20,5	10,9	47,7	0,026
ruum 205	27,77	9,99	26,9	12	46,6	0,006
ruum 301	26,78	10,47	23,45	12,2	49,4	0,001

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

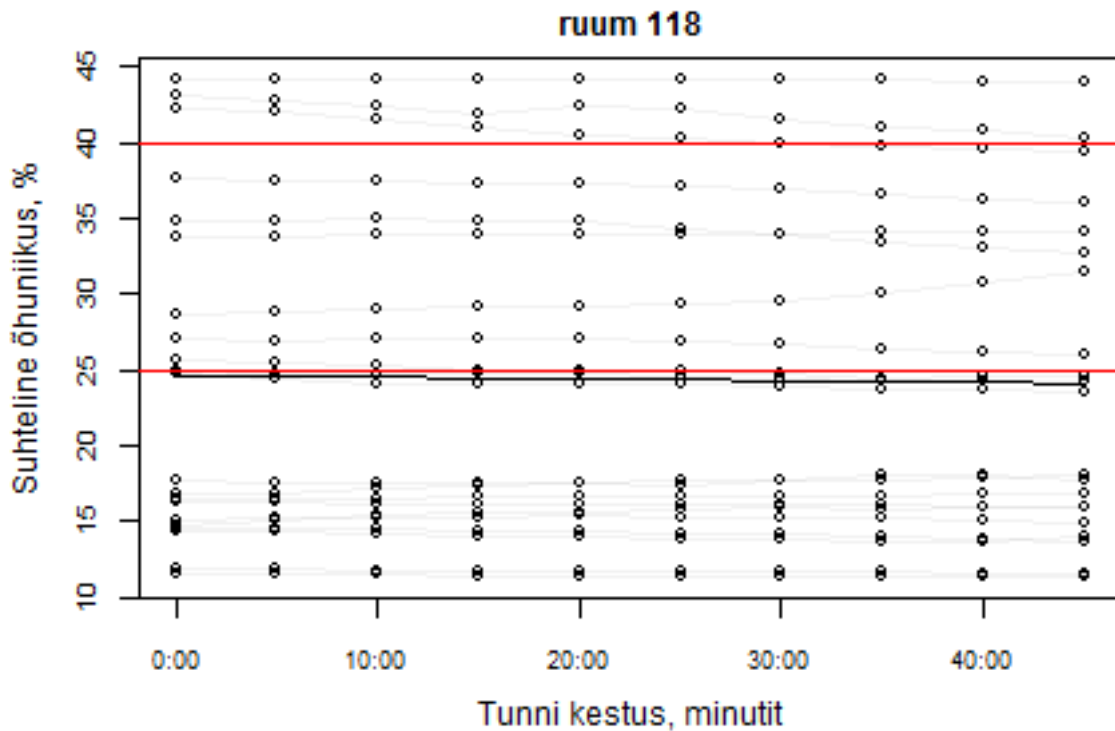
**Tabel 131.** Suhtelise õhuniiskuse (%) olulisemad arvarakteristikud ruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul



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



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

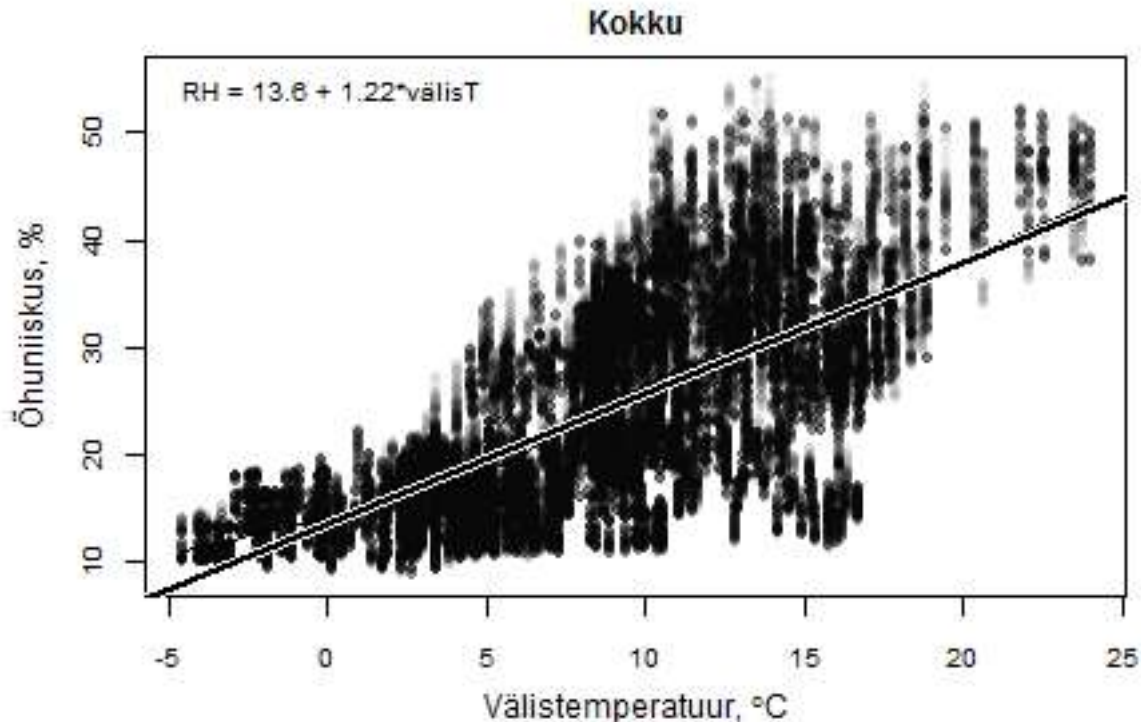


Graafik 304. Ruumi 118 õhu suhtelise niiskuse muutus õppetöö tunni lõikes

Ruum	Keskmine	Standardhälve	Mediaan	Miinumum	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  $siseRH=13,6+1,22 \cdot \text{välis}T$  ehk iga  $1^\circ\text{C}$  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 välisest temperatuurist ning muutub väga vähe õppetöö tunni vältel. Lähtuvalt lineaarsest regressioonivõrrandist langeb ruumiõhu suhteline niiskus välisõhu temperatuuri  $-20^{\circ}\text{C}$  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 hallituste 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

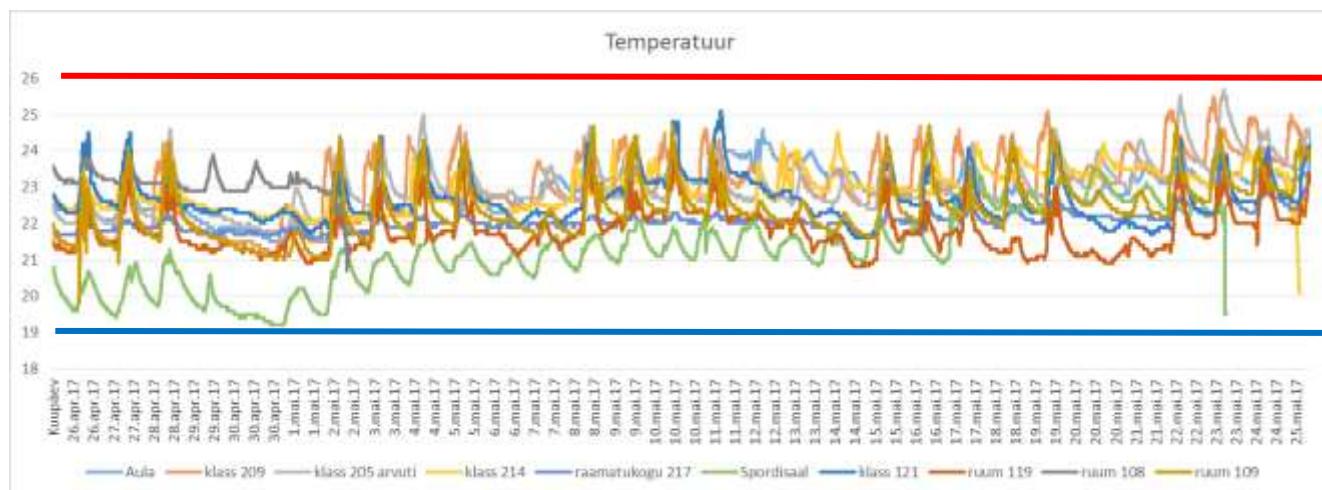
Mõõdistusseadmed: Delta OHM HD35, mõõtmisintervall 5 minutit

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  $19^{\circ}\text{C}$  ja maksimaalne lubatud  $26^{\circ}\text{C}$



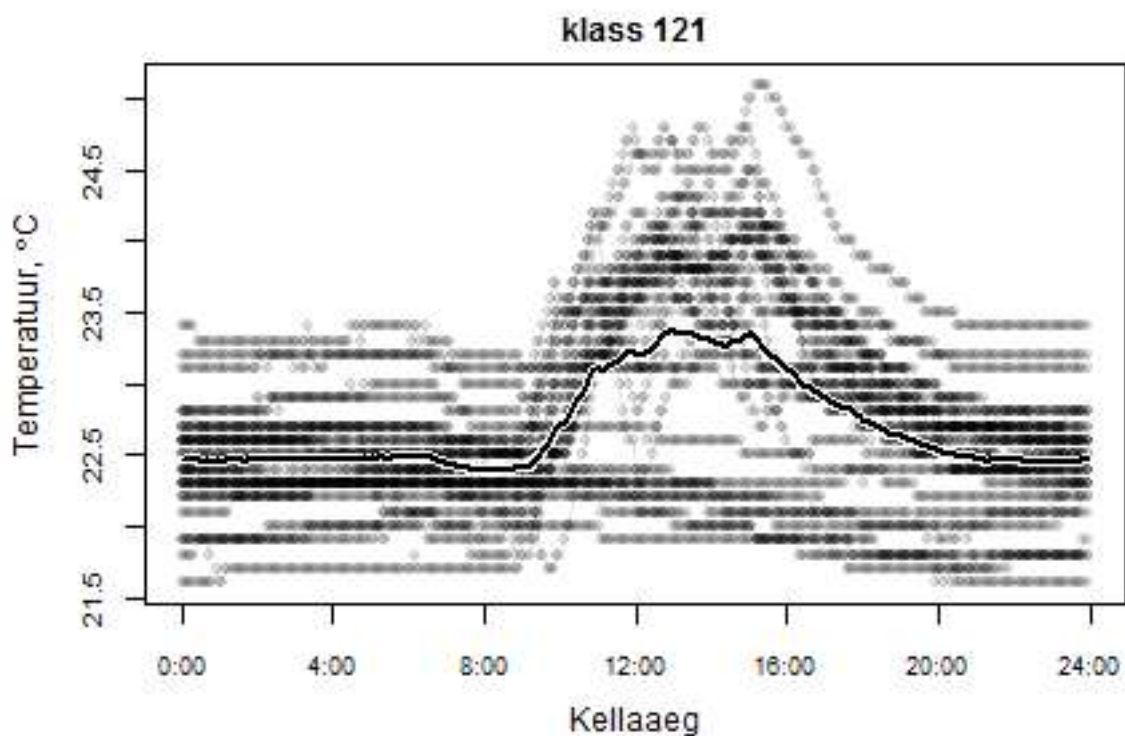
Graafik 306. Temperatuuride muutus kogu mõõtmisperioodi ulatuses.

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

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

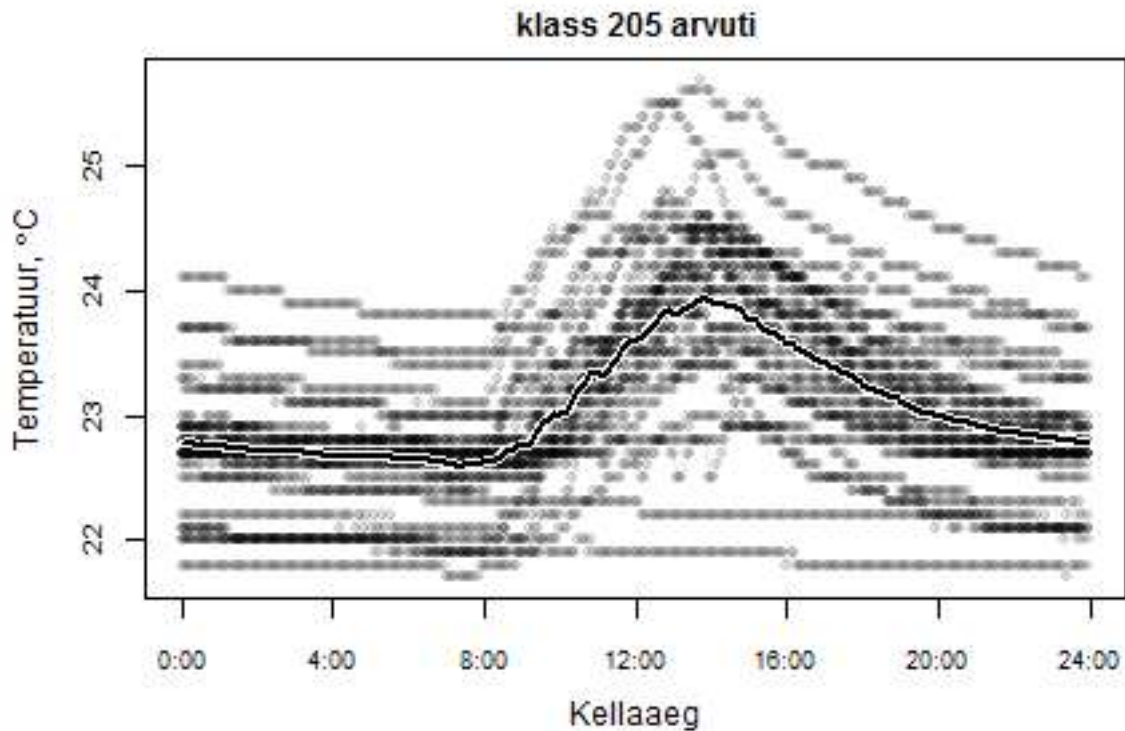
Ruum	Keskmine	Standard- hälve	Mediaan	Miinum	Maksimu m	Korrelatsioon välistemp.- ga
Aula	22,87	0,62	22,9	21,4	24,6	0,19
klass 121	22,70	0,63	22,6	21,6	25,1	0,02
klass 205 arvuti	23,06	0,73	22,9	21,7	25,7	0,58
klass 209	23,08	0,88	23,1	21,2	25,5	0,50
klass 214	22,93	0,52	22,9	20,1	24,5	0,46
raamatukogu 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

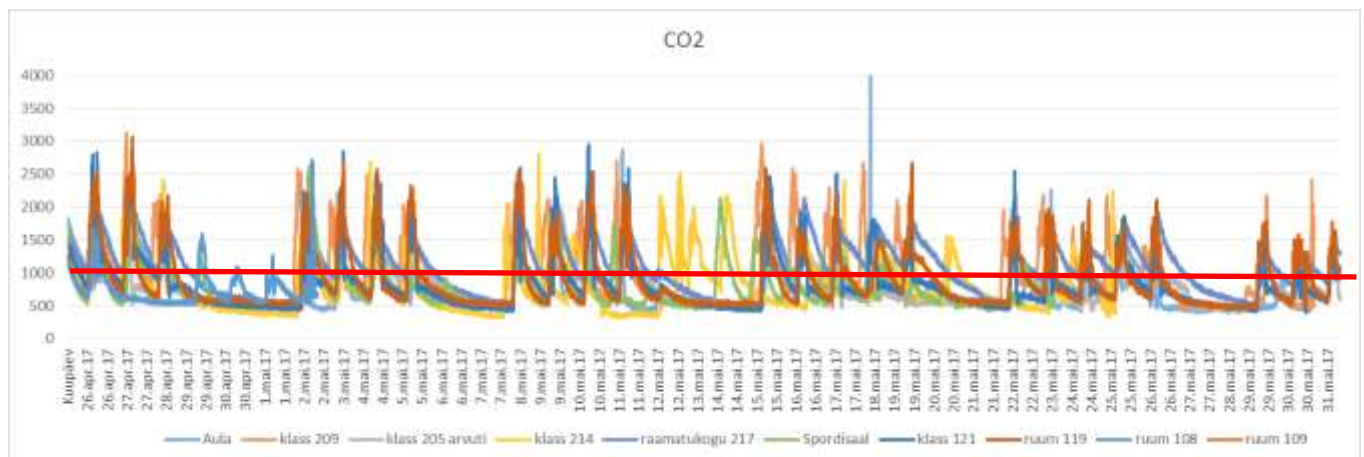




Graafik 308. Ruumi 205 siseõhu temperatuuri muutus ööpäeva lõikes

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 CO<sub>2</sub> sisaldus ruumiõhus.



Graafik 309. Ruumiõhu CO<sub>2</sub> 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
<b>KOKKU</b>	10132	10138	10664	8520	10667	8016	10670	10662	2028	10617	<b>71844</b>
<b>Üle 1000 ppm</b>	1766	3090	2254	2351	6084	1439	2379	2926	233	2006	<b>19672</b>
<b>Üle 1000 ppm</b>	17,4%	30,5%	21,1%	27,6%	57,0%	18,0%	22,3%	27,4%	11,5%	18,9%	<b>27,4%</b>

Tabel 135. Lubatud CO<sub>2</sub> taseme 1000 ppm ületanud mõõtmiste arv koguseliselt ja protsentuaalselt kogu mõõtmisperioodi vältel

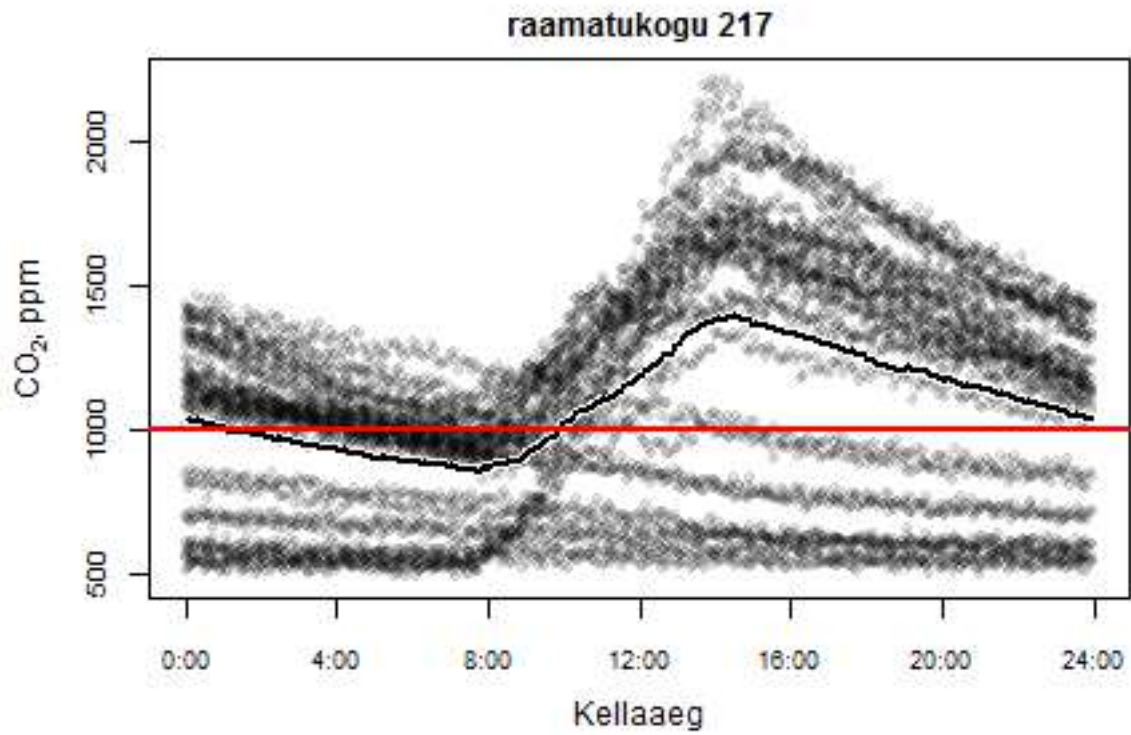
Graafikult 309 ja tabelist 135 lähtub, et CO<sub>2</sub> sisaldus ületab kõigis ruumides mingi ajaperioodi vältel lubatu piiri. CO<sub>2</sub> tasemed ulatuvad isegi üle 3000 ppm-ni, mis on väga kõrge tase. Õppetöö tundide ajal on lubatud tase ületatud praktiliselt kõikides klassiruumides (tabel 136). Vahetundide ajal CO<sub>2</sub> tasemed ei vähene või vähenevad minimaalselt (tabel 137). Ainult ruumis 109 võib täheldada olulist CO<sub>2</sub> taseme langust. Selle põhjal saab väita, et vahetundide ajal klassiruumide enamasti ei tuulutata ning sageli on õpilased ka vahetundide ajal klassiruumides. Kõige probleemsem on CO<sub>2</sub> tase raamatukogus, kus CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> sisaldused kiiresti üles ning posivad seal kuni õppetöö lõpuni. CO<sub>2</sub> taseme langus on aeglane ning normaalne ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisaldus taastub alles hilistel öötundidel.

Ruum	Keskmine	Standard-hälve	Mediaan	Miinumum	Maksimu m	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

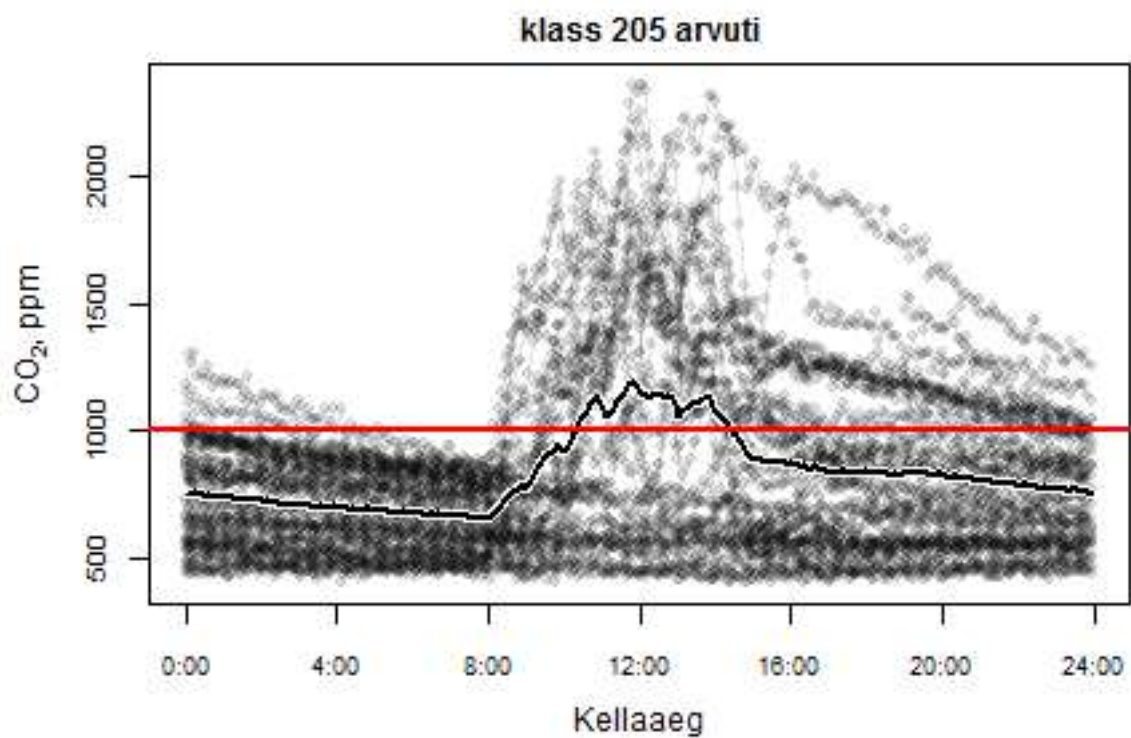
**Tabel 136.** CO<sub>2</sub>-sisalduse (ppm) olulisemad arvarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste tundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul

Ruum	Keskmine	Standard-hälve	Mediaan	Miinumum	Maksimu m	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

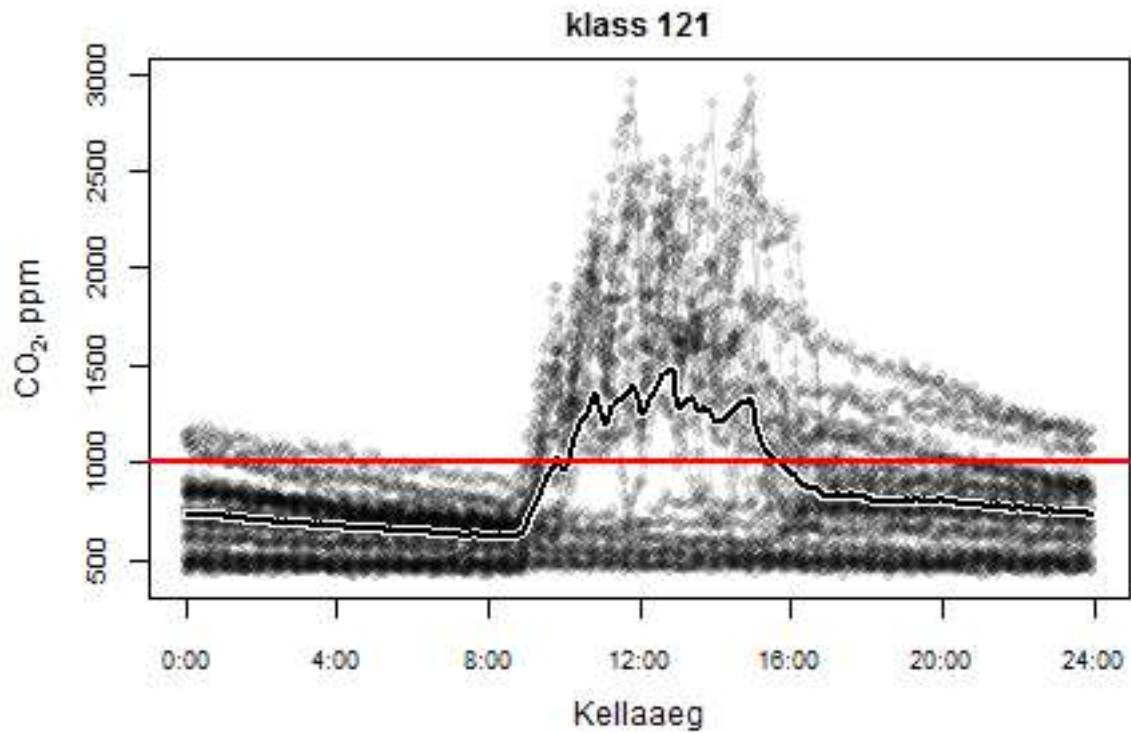
**Tabel 137.** CO<sub>2</sub>-sisalduse (ppm) olulisemad arvarakteristikud klassiruumide kaupa ja kokku üle kõigi mõõtmiste vahetundide ajal; muutus väljendab keskmist tõusu/langust minuti jooksul vahetunni esimese 10 minuti kestel



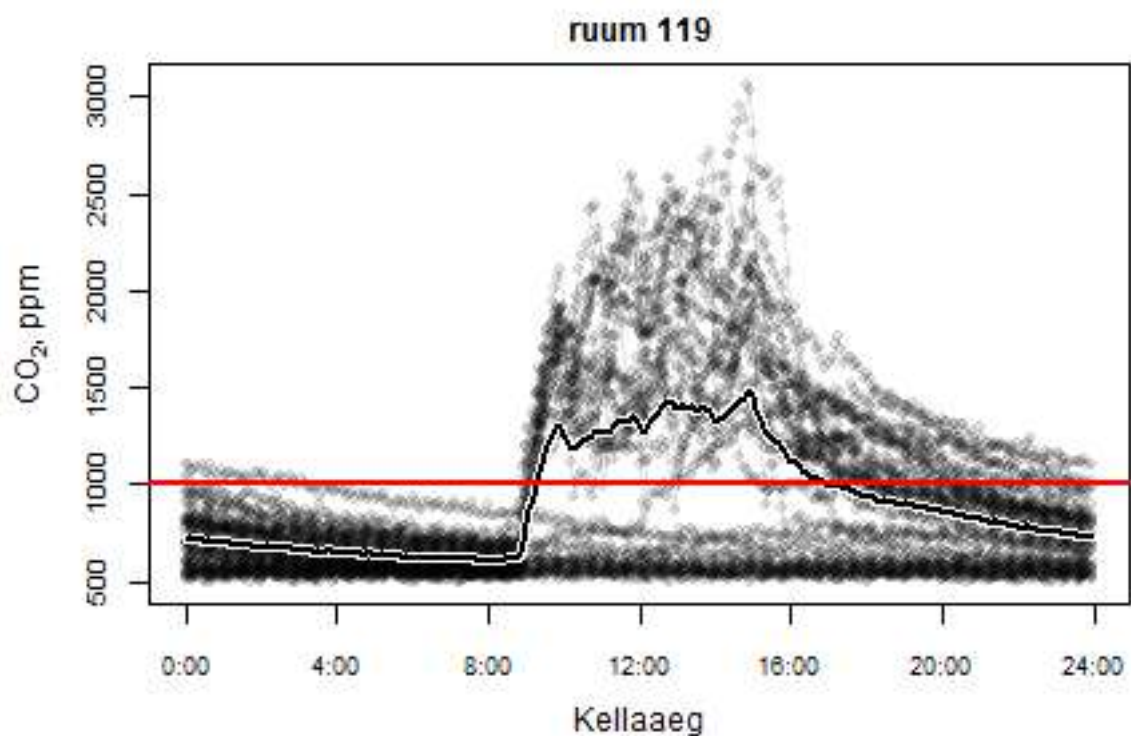
Graafik 310. Ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus raamatukogus ööpäeva lõikes



Graafik 311. Ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus arvutiklassis 205 ööpäeva lõikes



Graafik 312. Ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus klassis 121 ööpäeva lõikes

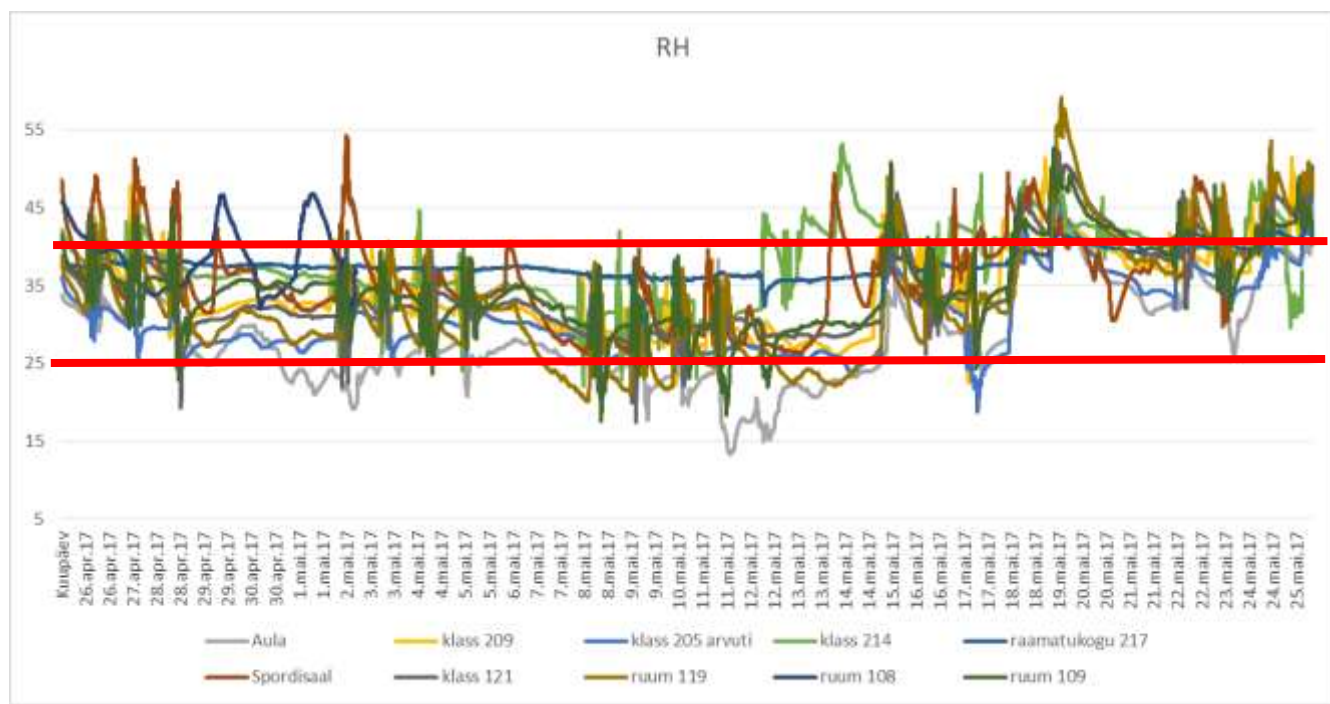


Graafik 313. Ruumiõhu CO<sub>2</sub> sisalduse muutus ruumis 119 ööpäeva lõikes

Kokkuvõtteks võib väita, et Narva Vanalinna Riigikoolis on probleem CO<sub>2</sub> 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
<b>KOKKU</b>	10132	10138	10664	8520	10667	8016	10670	10662	2028	10617	<b>81982</b>
<b>alla 40 %</b>	9483	8640	9589	5261	7679	6340	7998	8139	1378	7788	<b>62812</b>
<b>alla 25 %</b>	2909	57	505	23	0	0	64	1295	0	204	<b>2148</b>
<b>alla 40 %</b>	93,6%	85,2%	89,9%	61,7%	72,0%	79,1%	75,0%	76,3%	67,9%	73,4%	<b>76,6%</b>
<b>alla 25 %</b>	28,7%	0,6%	4,7%	0,3%	0,0%	0,0%	0,6%	12,1%	0,0%	1,9%	<b>2,6%</b>

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

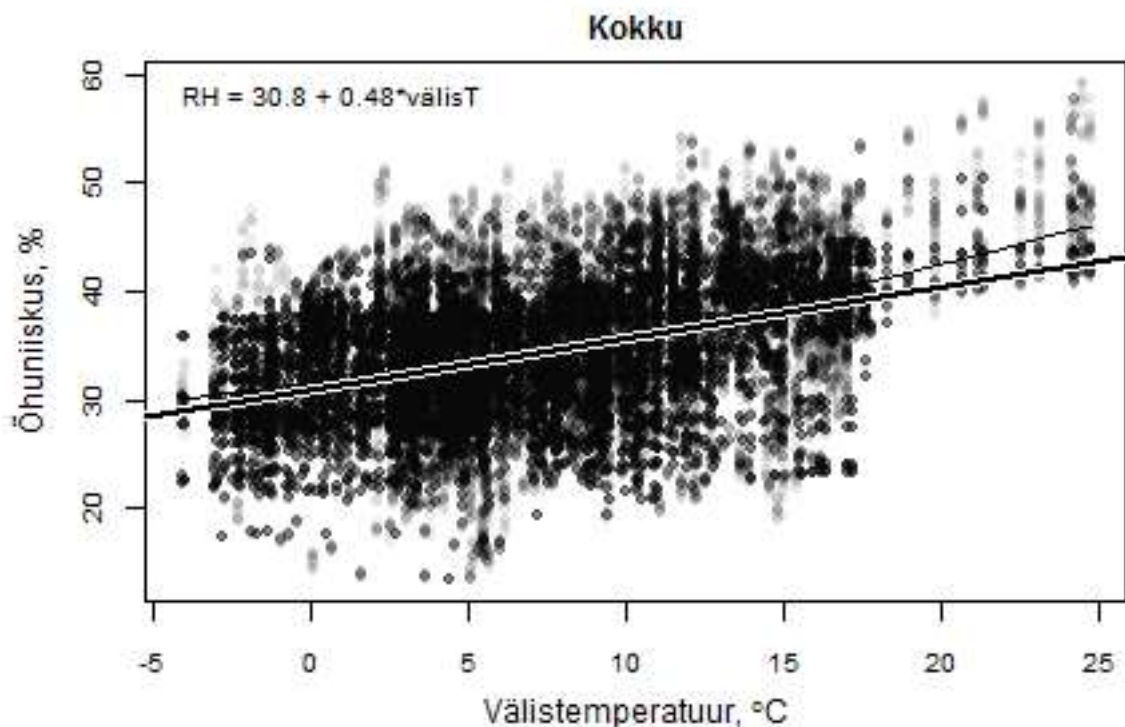
Kokku	35,46	6,20	34,9	20,2	58,4	0,024
-------	-------	------	------	------	------	-------

**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  $-20^{\circ}\text{C}$  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  $19-26^{\circ}\text{C}$  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  $20-21^{\circ}\text{C}$ , 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 CO<sub>2</sub> sisaldus

CO<sub>2</sub> sisaldus ruumiõhus on koolide lõikes väga varieeruv. Kõige madalamad CO<sub>2</sub> tasemed on kõige uuemas koolis Jõhvi Gümnaasiumis ning kõige halvemad näitajad, kus CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> sisaldus ruumiõhus reeglina madalam. Samas tõuseb ka nendes koolides vähese õhuvahetuse korral CO<sub>2</sub> sisaldus üle lubatud piiri. Seega on CO<sub>2</sub> 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	<b>1204</b>	685	957	381	3951	3,48
8	Avinurme Keskkool	<b>1099</b>	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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>, 0...100 %RH, -10...+50 °C

Mõõtetäpsus: ±50 ppm CO<sub>2</sub>, ±4 %RH, ±0.6 °C

LCD tablo: 56×85 mm, ppm CO<sub>2</sub>, %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:

" " - sisetimingimustele

**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)

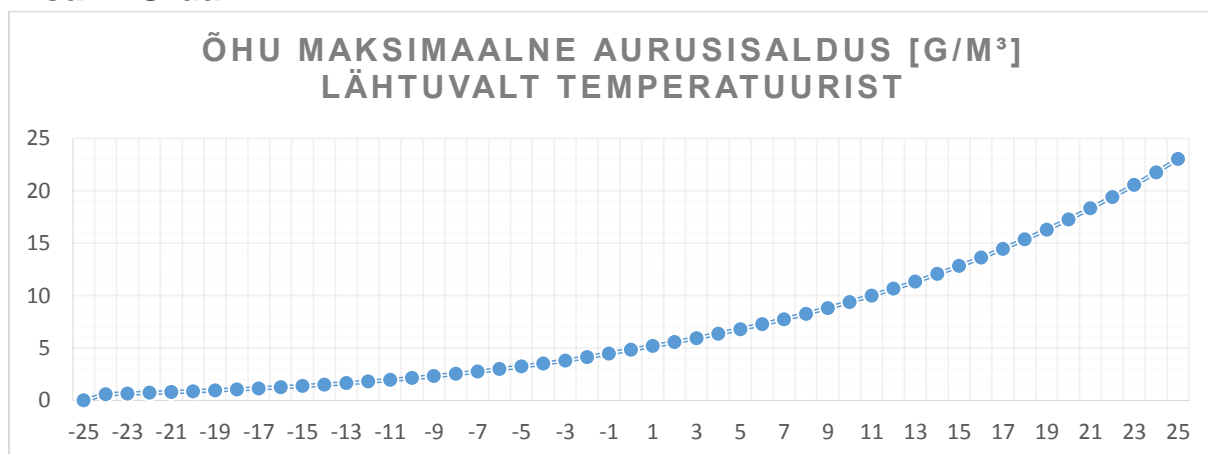
**A** - CO (vingugaas)

- 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 kuupmeetris õhus grammides sõltuvalt õhutemperatuurist

## Lisa 5. Õhu mikrobioloogilise analüüsi tulemused

Kool	Proovivõtvu koht	Hallitusseente üldarv MEA (PMÜ/ m <sup>3</sup> )	Hallitusseente üldarv DG-18 (PMÜ/ m <sup>3</sup> )	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).

## Lisa 7. 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:** Kas olukorras, kus välisõhutemperatuur on  $-20^{\circ}\text{C}$ , 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.