

Latvijas Republikas Vides aizsardzības  
un reģionālās attīstības ministrija  
PUBLISKAIS IEPIRKUMS

**Metāna(CH<sub>4</sub>) un slāpekļa oksīda (N<sub>2</sub>O) emisiju  
faktoru noteikšana cietajiem biomasas  
kurināmajiem sadalījumā pa kurināmā veidiem,  
kā arī sadalījumā pa sadedzināšanas iekārtām**

Iepirkuma identifikācijas Nr. VIDM 2010 /55. 10.12. 2010.  
Iepirkuma līgums Nr. 2/27.01

**ATSKAITE**

2011-05-25

# SATURS

lpp.

Darba uzdevums (tehniskā specifikācija) .....	3
Izpildītājs, kontaktpersona .....	3
Pamatnostādnes .....	4
Mēriekārtas .....	4
Mērījumu metodika .....	5
N <sub>2</sub> O koncentrācijas noteikšana .....	9
CH <sub>4</sub> koncentrācijas noteikšana .....	12
Dūmgāzu apjoma un kurināmā patēriņa aprēķini .....	15
Rezultāti .....	16
Mērījumu nenoteiktība .....	17
Secinājumi .....	17

## 1. DARBA UZDEVUMS

- 1.1. Noteikt vidējos emisiju faktorus, izmantojot laboratoriskos / ķīmiskos pētījumus un mērījumus, visiem Latvijā izmantotajiem cietās biomasas kurināmā veidiem:
- 1.1.1. Malka.
  - 1.1.2. Koksnes atlikumi.
  - 1.1.3. Kurināmās šķeldas.
  - 1.1.4. Koksnes briketes.
  - 1.1.5. Koksnes granulas.
  - 1.1.6. Kokogles.
- 1.2. Noteikt emisiju faktorus iepriekšminētajiem cietās biomasas kurināmā veidiem, kas izmantoti mājsaimniecības sektora sadedzināšanas iekārtām (mazās, individuālās sadedzināšanas iekārtas):
- 1.2.1. Centrālās apkures katli.
  - 1.2.2. Karstā ūdens katli.
  - 1.2.3. Kombinētie (divfunkcionālie) centrālās apkures un karstā ūdens katli.
  - 1.2.4. Istabas krāsnis.
  - 1.2.5. Ekonomiskās krāsnis.
  - 1.2.6. Virtuves plītis.

Emisiju faktoru noteikšanai konkrētām sadedzināšanas iekārtām izmantot valstī vairāk izmantoto iekārtu no iepriekšminētā sadedzināšanas iekārtu iedalījuma.

## 2. IZPILDĪTĀJS

Nosaukums	Rekvizīti
Fizikālās enerģētikas institūts Zinātniskās institūcijas Reģ. Nr. 181044	Aizkraukles iela 21, Rīga, LV-1006 PVN maks. Nr. LV90002128912 IBAN konta Nr. LV96 UNLA 0001001609146 Banka: SEB banka

## 3. KONTAKTPERSONA

<b>Vārds, uzvārds</b>	Jānis Kalnačs
<b>Adrese</b>	Aizkraukles iela 21, Rīga, LV-1006
<b>Tālr. / Fax</b>	67558782/67550839 mob. 26321168
<b>e-pasta adrese</b>	jkalnacs@edi.lv

## 4. Pamatnostādes

Emisijas faktori cietajiem biomasas kurināmajiem noteikti, ņemot vērā kurināmā patēriņu naturālajās mērvienībās pie tā paša mitruma daudzuma, kas izmantots kurināmā patēriņa ziņošanai Centrālajai statistikas pārvaldei.

Emisiju faktoru noteikšanā ņemti vērā Klimata pārmaiņu starpvaldību padomes 1996.gadā uzlabotās vadlīnijas siltumnīcefekta gāzu nacionālās inventarizācijas sagatavošanai un 2000.gada Labas prakses un neprecizitāšu aprēķinu vadlīnijām nacionālās siltumnīcefekta gāzu inventarizācijas sagatavošanai, kā arī Latvijā izmantotā cietā biomasas kurināmā fizikāli ķīmiskos rādītājus.

Lai sasniegtu tehniskajā specifikācijā minēto projekta mērķi, veikti sekojoši secīgi soļi:

- 1) Apzinātas un sagatavotas eksperimentam kurtuves, kurās tiks veikti SEG gāzu koncentrāciju mērījumi;
- 2) noteiktas N<sub>2</sub>O un CH<sub>4</sub> gāzu koncentrācijas attiecīgo kurtuvju dūmeņos, izmantojot ciktāl tas iespējams, dažādus biomasas kurināmā veidus. Tiks izmantotas tipiskākās Latvijā visvairāk izmantotās kurtuves un atbilstošais kurināmais ar reālo mitruma daudzumu, kas tuvs Centrālā Statistikas biroja pieprasītajam, nosakot kurināmā patēriņu. Mērījumus veiks kurtuvei sasniedzot stacionāro režīmu (izslēdzot palaišanas un atdzišanas periodus) un dotajai kurtuvei optimālus degšanas režīma parametrus.
- 3) izmantojot iegūtos mērījumu datus, kurināmā materiāla fizikāli-ķīmiskos parametrus, ES esošo līdzīgu aprēķinu pieredzi, kurtuvju tehniskos datus un sadegšanas fizikāli-ķīmiskā procesa analīzi, aprēķināti vidējie N<sub>2</sub>O un CH<sub>4</sub> gāzu emisijas faktori tehniskajā uzdevumā norādītajiem kurināmā veidiem un tiem piemērotām Latvijā visvairāk pārstāvētām kurtuvēm.
- 4) Sastādīts pārskats latviešu un angļu valodā par izdarīto darbu ar iegūto emisijas faktoru tabulu, aprakstu un komentāriem.

## 5. Mēriekārtas

Veicot mērījumus atbilstošo SEG komponentu koncentrācijas noteikšanai dūmgāzēs izmantoti gāzanalizatori:

1. ECOM-S, Umwelttechnik GmbH, Vācija.
2. SWG-200, MRU GmbH, Vācija.
3. AIRfair Vario Plus, MRU GmbH, Vācija.

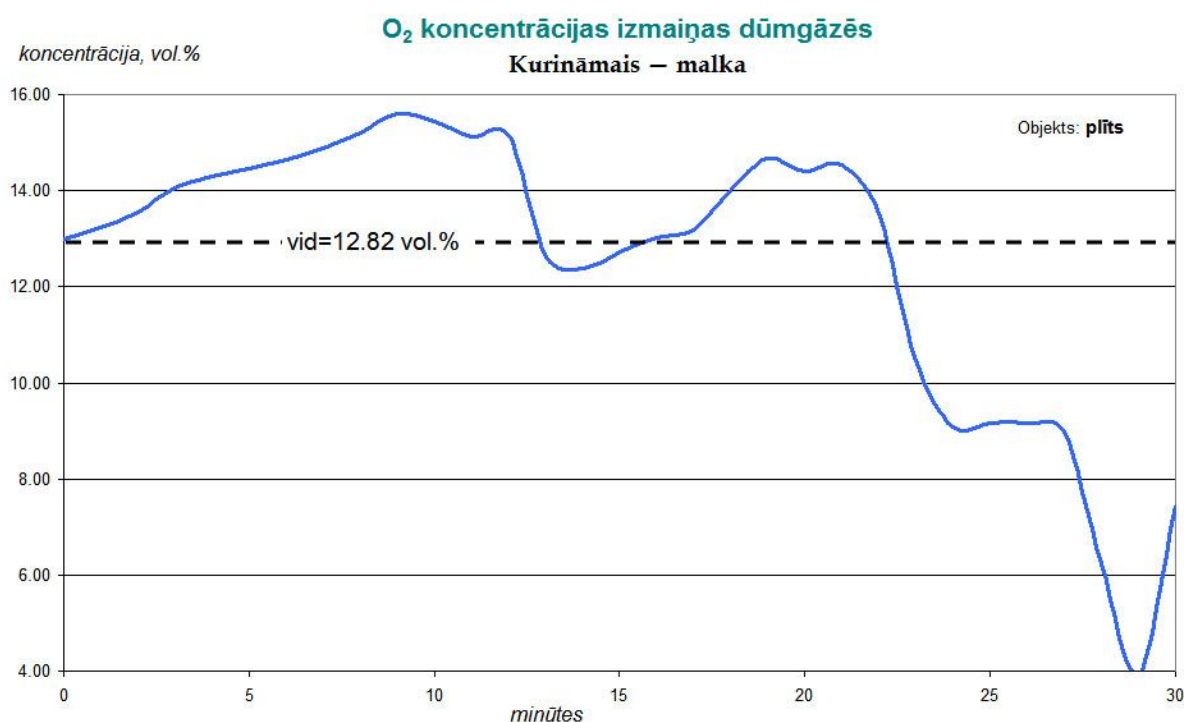
Nepieciešamības gadījumā gāzģeneratori aprīkoti ar papildus iekārtām, piemēram CO oksidēšanas patronu, dūmgāzugāzu dzesēšanas sistēmu, putekļu filtriem un citām.

Integrālai atsevišķu komponentu koncentrāciju noteikšanai SEG emisijās izmantots galvenokārt infrasarkanais Furjē spektrometrs IR Prestige-21, Shimadzu, Japāna, graduējot (kalibrējot) to ar atbilstošajām gāzēm.

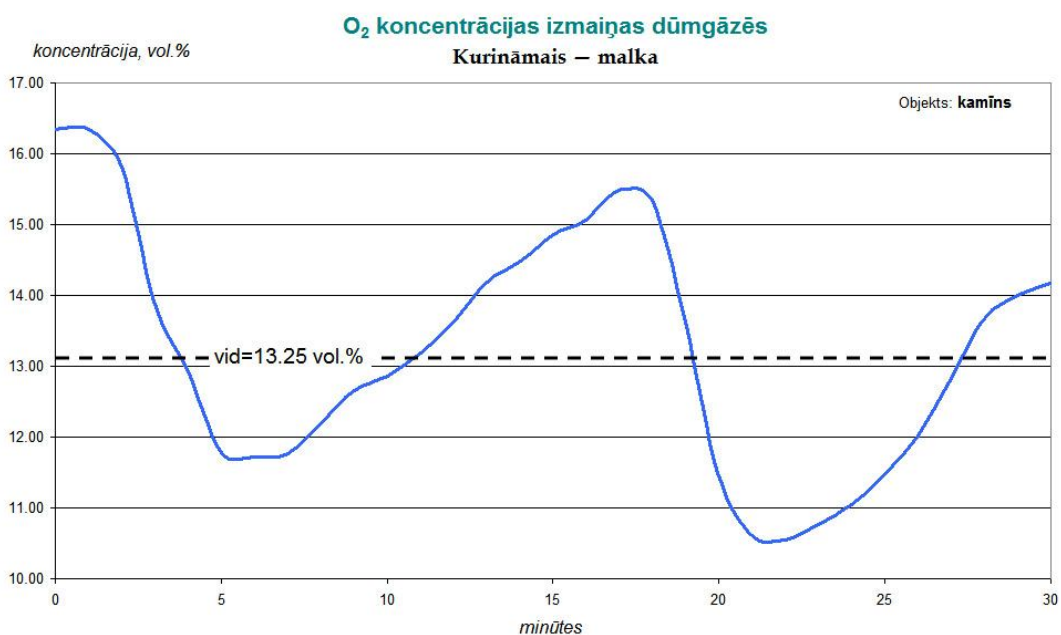
## 6. Mērījumu metodika

Pārbaudāmajās sadzīves kurtuvēs un katlos ir ļoti minimālas iespējas mainīt kurināmā sadedzināšanas apstākļus, no kuriem ir lielā mērā atkarīgs emisijas gāzu apjoms un it īpaši — sastāvs, tādēļ, lai sadedzināšanas apstākļi būtu korektāk definēti, tie tika kontrolēti un tiek atrunāti pie konkrētā rezultāta ieguves.

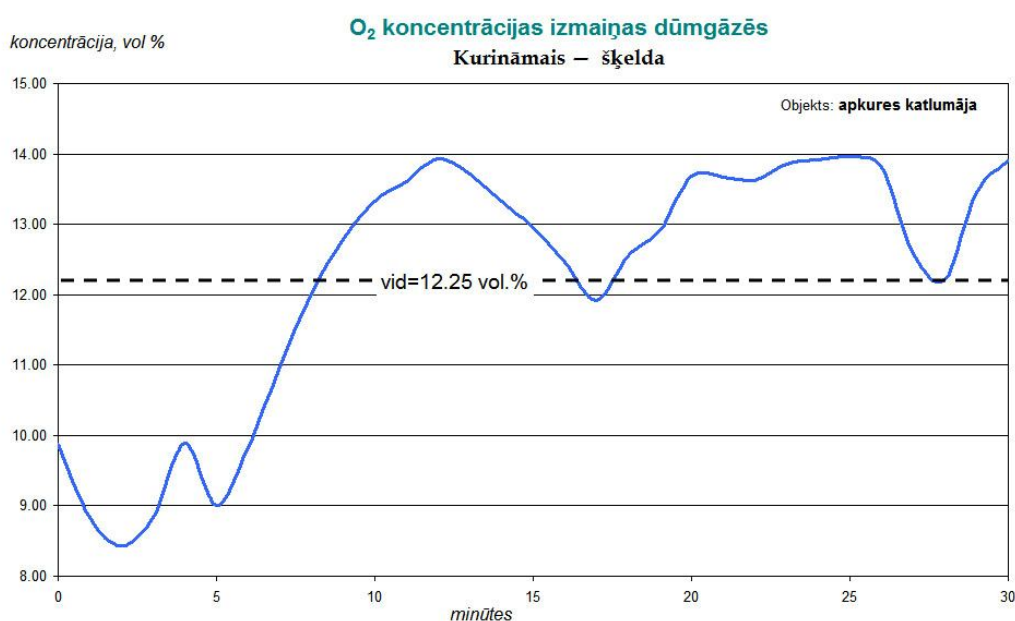
Mērījumu apstākļi tika kontrolēti ar gāzanalizatoriem un gāzu komponentu koncentrācijas noteikšana uzsākta tikai pēc stabila režīma iestāšanās. Gāzu analīze veikta saskaņā ar standarta LVS ISO 10396:1993 prasībām. Režīms raksturots ar vidējo dūmgāzu temperatūru, skābekļa, tvana gāzes CO un oglekļa dioksīda gāzes CO<sub>2</sub> vidējo koncentrāciju 30 minūšu laikā pēc stabila režīma iestāšanās, bet nosakāmo komponentu N<sub>2</sub>O un CH<sub>4</sub> vidējā koncentrācija dūmgāzēs analizēta, vācot proporcionālo paraugu 1 stundas laikā un veicot testēšanu saskaņā ar standartu LVS NE ISO 21258 prasībām un izmantojot infrasarkanā spektrofotometriju CH<sub>4</sub> noteikšanai. Attēlos 1 līdz 3 parādīti kurināmā sadedzināšanas režīma iegūšanas piemēri attiecībā uz skābekli.



Attēls 1. Skābekļa koncentrācijas izmaiņas dūmgāzes sadzīves plīts un malkas gadījumā.

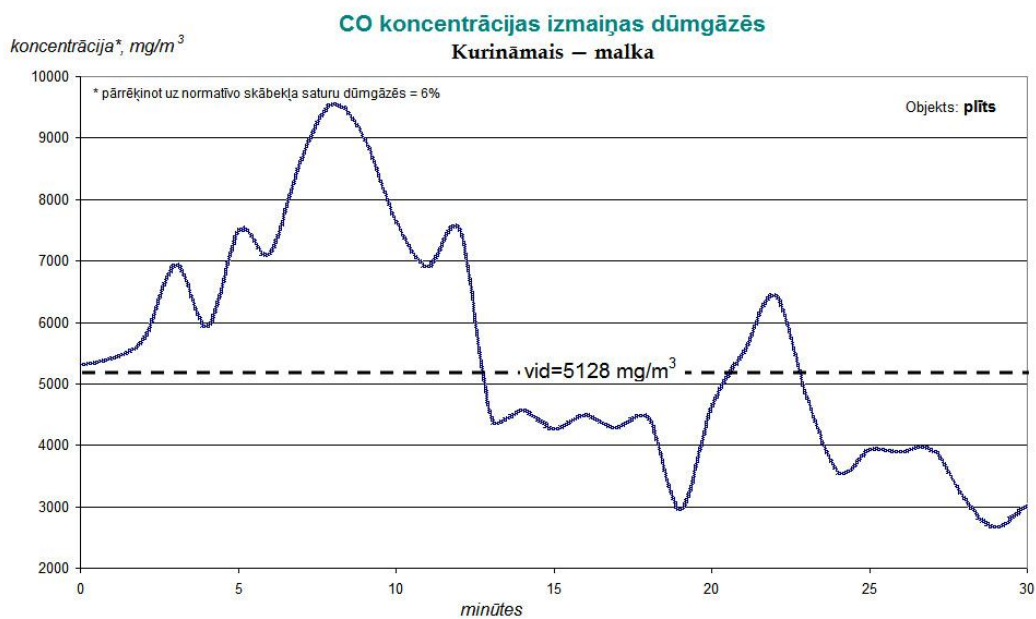


Attēls 2. Skābekļa koncentrācijas izmaiņas dūmgāzēs kamīnam ar malkas apkuri.

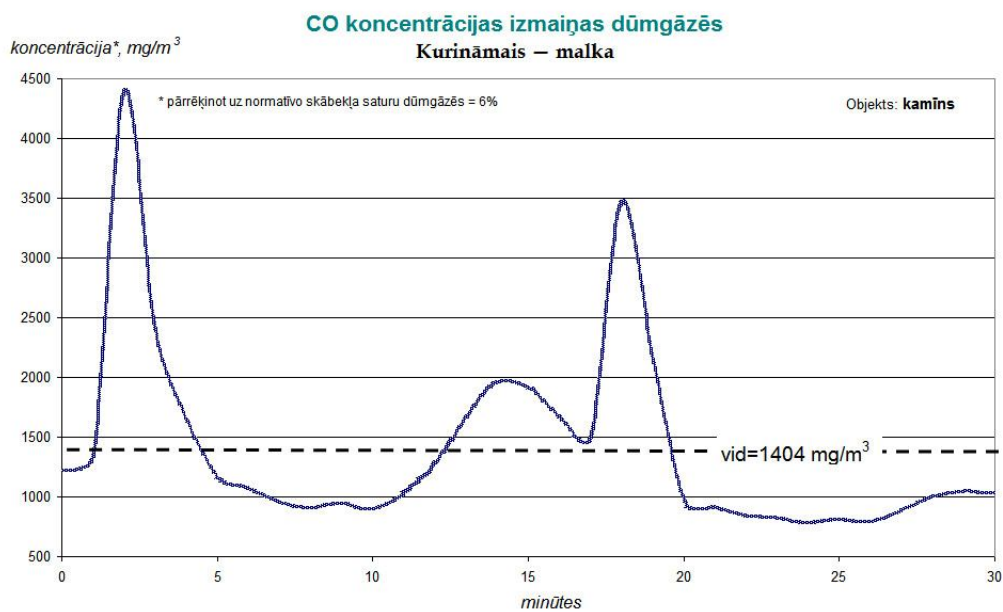


Attēls 3. Skābekļa koncentrācijas izmaiņas dūmgāzēs apkures katlam ar šķeldas apkuri.

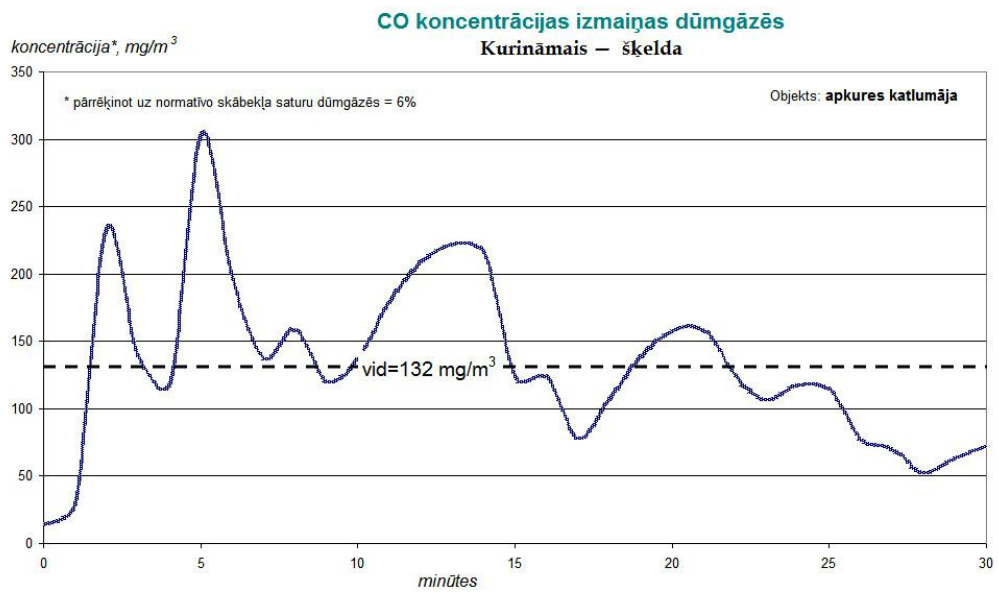
Mērījumi šeit veikti katru sekundi un rezultāti vidējoti par minūti. Attēlos redzamās līknes raksturo momentānās izmaiņas minūtes laikā attiecīgās dūmgāzu komponentes koncentrācijām. Šīs momentānās izmaiņas saistītas ar kurināmā un gaisa padeves izmaiņām, vai kurināmā sastāva, sasmalcināšanas pakāpes un citiem faktoriem. Atbilstošais lielums pusstundas laikā tiek pieņemts par režīma raksturojošo un uzrādīts katras kurtuves (katla) un kurināmā tipam. Līdzīgu līkņu piemēri attiecībā uz CO, parādīti attēlos 4 līdz 6.



Attēls 4. CO koncentrācijas izmaiņas dūmgāzes sadzīves plīts un malkas apkurei.



Attēls 5. CO koncentrācijas izmaiņas dūmgāzēs kamīnam ar malkas apkuri.



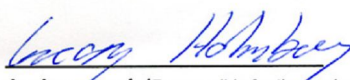


Attēls 6. CO koncentrācijas izmaiņas dūmgāzes apkures katlam ar šķeldas apkuri.

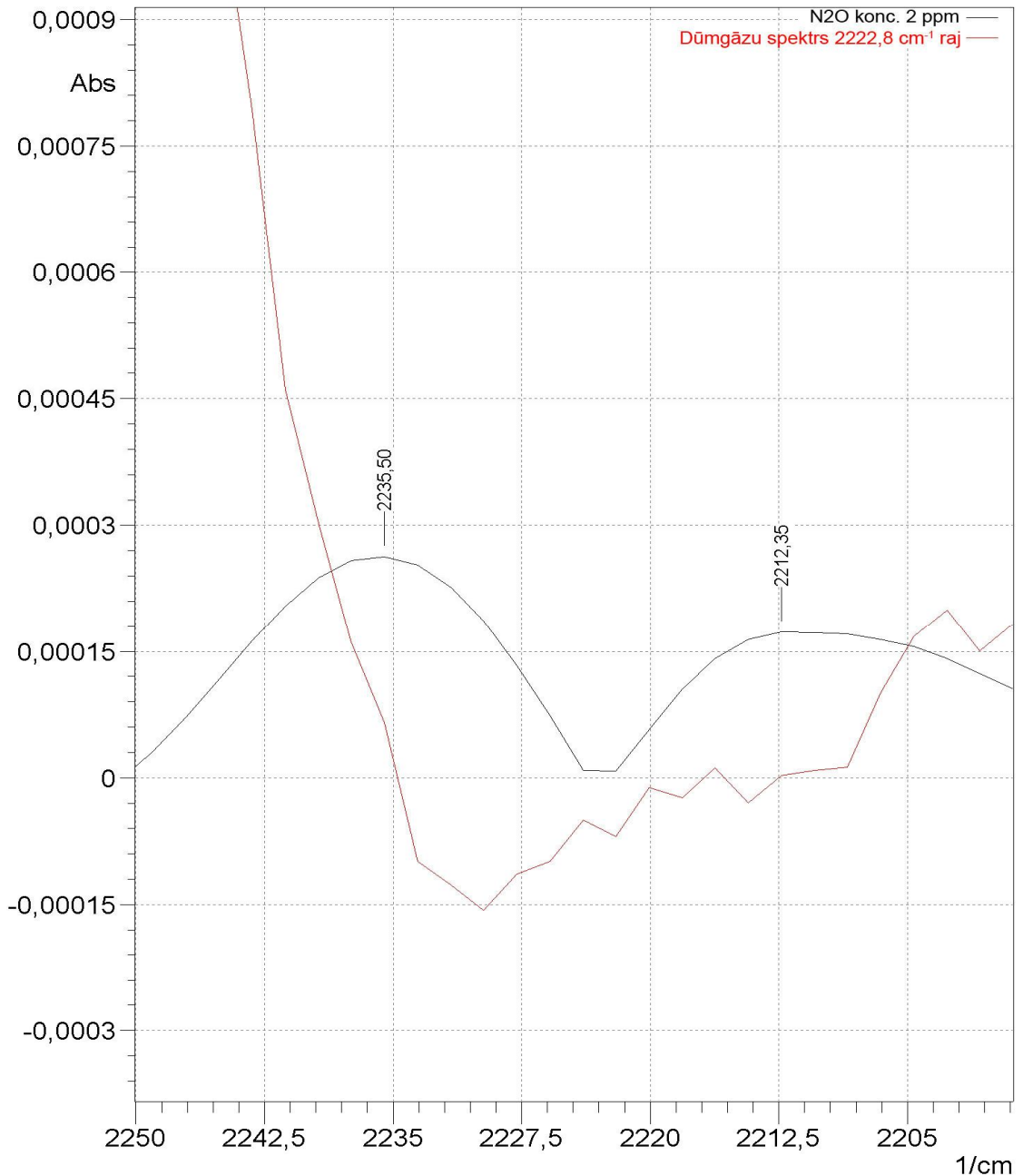


## a) N<sub>2</sub>O koncentrācijas noteikšana dūmgāzēs

Infrasarkanā spektrometra kalibrēšanai izmantots speciāli izveidots gāzu maisījums ar N<sub>2</sub>O koncentrāciju 200 ppm slāpekļī (sertifikāts attēlā 7). Kalibrējot spektrometru iegūts, ka korekti nosakāmā mazākā N<sub>2</sub>O koncentrācija ir 1 ppm, kas ir demonstrēts attēlā 8, kur sarkanā līkne rāda spektra raksturīgo daļu 2222,8cm<sup>-1</sup> rajonā ar izteiktu joslu, ja N<sub>2</sub>O koncentrācija dūmgāzēs ir 2 ppm (speciāli veidots paraugs).

				
<b>Kundnamn/Customer name</b> Fizikālās enerģētikas institūts APP - Aizkraukles 21 LV-1006 Rīga	<b>Utskriftsdatum/ Date of issue</b> 2011-04-06 <b>Analysnr/ Certificate number</b> 100191597 <b>Flasknr/ Cylinder number</b> 7526840049263 <b>Ordernr/ Order number</b> 2008775898 <b>Sidnr/ Page number</b> Page 1 of 1 <b>Materialnr/ Material number</b> 714039			
<b>Analyscertifikat/Certificate of analysis</b> <b>Certified standard</b> Configurable spg HiQ® Produktnummer N/A				
<b>Flaska/Cylinder</b>				
<b>Flasktyp</b> Cylinder type	<b>Ventilanslutning</b> Valve connection	<b>Fyllningstryck</b> Cylinder pressure (15 °C)	<b>Gasvolym</b> Gas volume (15 °C, 1,013 bar)	
OTC-10	BR-DIN 10	150 bar	1,5m <sup>3</sup>	
<b>Komponent</b> Component	<b>Beställd</b> Halt Ordered	<b>Analyserad</b> Halt Analysis result	<b>Enhet</b> Unit	<b>Analysosäkerhet</b> Uncertainty % Rel.
Lustgas/Nitrous oxide	N2O	200,000	200	± 2,0
Nitrogen/Nitrogen	N2	Grundgas/q.s		
<b>Rekommenderad lager- och användningstemperatur /</b> Recommended storage and usage temperature		-20 °C till/to +40°C		
<b>Lägsta användningstryck / Minimum utilization</b>		5 bar		
<b>Används före (AAAA-MM-DD) / Use before</b>		2013-04-05		
<b>Konfidensnivå / Confidence level</b>		95 %		
<b>Blandningstolerans / Blend tolerance</b>		5,0 % relativt/relative		
<b>Kommentarer / Comments</b>				
<b>Anläggning/Site</b>	<b>Enköping</b>			
				
<b>Analysansvarig/Responsible for the analysis</b>				
<b>Linde Subsidiary</b>				
<b>AGA Gas AB</b> Certifikatet får ej återges annat än i sin helhet utan skriftligt tillstånd från laboratoriet / The certificate shall not be reproduced except in full, without the written approval of the laboratory				
Specialgas	Telefon/Telephone	Huvudkontor / Head Office Org nr / Reg. No 556069-8119		
S- 74547 ENKÖPING	08 731 10 00 / +46 8 731 10 00	AGA Gas AB Företaget säljer i kommission för AGA AB/		
Sweden	Telefax/ Telefax	S- 172 82 SUNDBYBERG The company operates on behalf of AGA AB		
	08 767 97 19 / +46 8 767 97 18	Sweden VAT No SE663000058301		

Attēls 7. Kalibrēšanai izmantotā gāzu maisījuma sertifikāts.



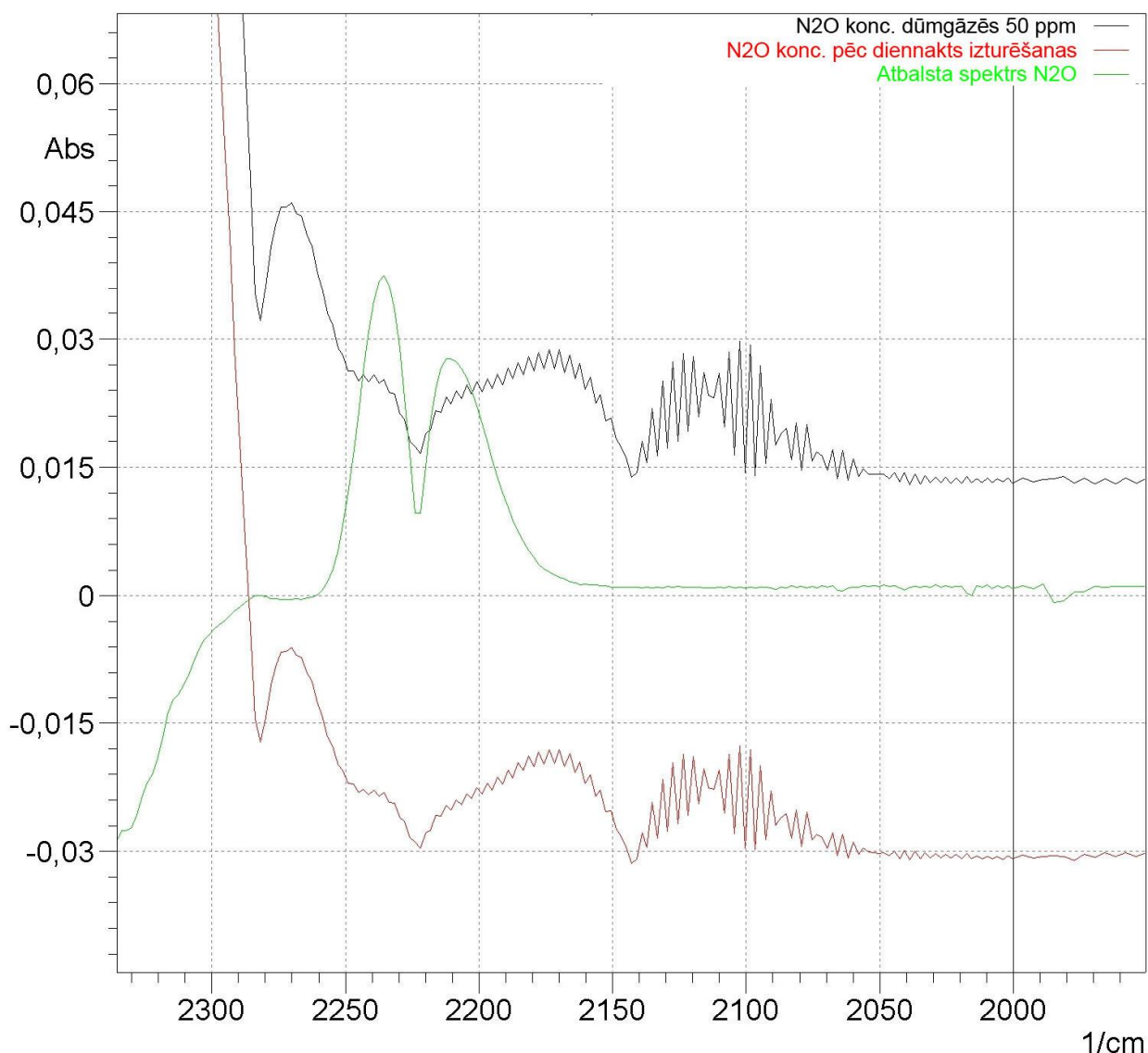
Comment;

Date/Time; 28/04/2011 12:26:33

No. of Scans;

Attēls 8. Spektrometra graduēšanas piemērs N<sub>2</sub>O noteikšanai.

Spektra rajonā 2212.35 līdz 2235.5, kur N<sub>2</sub>O ir raksturīgie pīķi, pētītajās dūmgāzēs nav novērota absorbcija. Melnā līkne rāda infrasarkano spektru šajā spektra daļā izpētītajām dūmgāzēm bez speciālas N<sub>2</sub>O piedevas. Absorbcija šajā spektra daļā nav konstatēta nevienā gadījumā visām kurtuvēm un kurināmā veidiem.



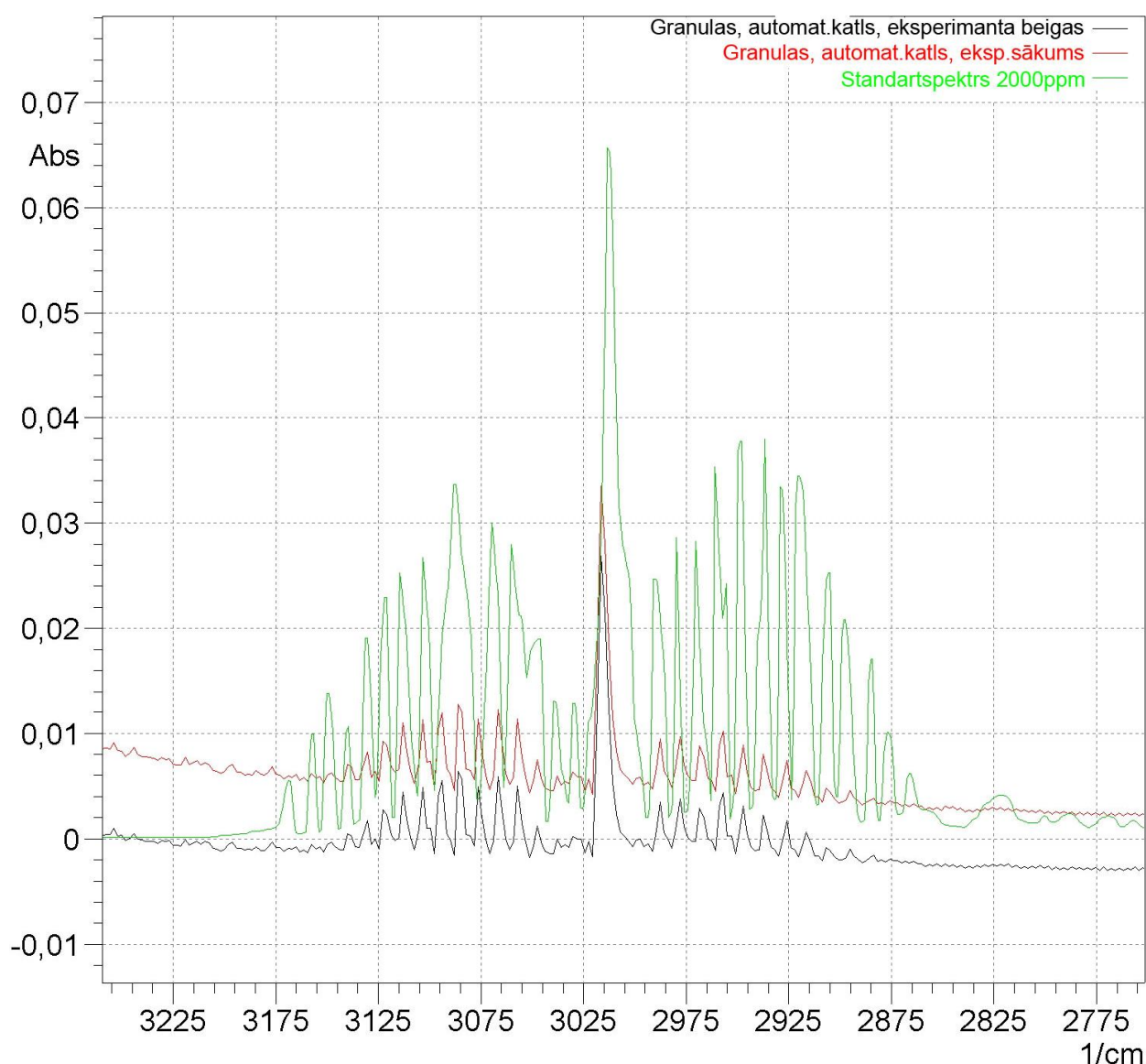
Attēls 9. Infrasarkanā spektra izmaiņas (stabilitāte) diennakts laikā.

Lai izslēgtu principā iespējamo  $\text{N}_2\text{O}$  koncentrācijas izmaiņu reakciju rezultātā ar dūmgāzu komponentēm, tika speciāli sagatavota un izmantota CO oksidēšanas patrona un pārbaudītas iespējamās spektra izmaiņas diennakts laikā, ja dūmgāzēm pievieno 50 ppm  $\text{N}_2\text{O}$ . Kā parāda attēls 9, tad spektra izmaiņa pēc izturēšanas vienu diennakti ar  $\text{N}_2\text{O}$  nav novērojama — sarkanā un melnā līkne 9.attēlā.  $\text{O}_2$  identifikācijai parādīta spektra daļa  $2222\text{ cm}^{-1}$  rajona, kad koncentrācija ir 200 ppm.

## b) CH<sub>4</sub> koncentrācijas noteikšana dūmgāzēs

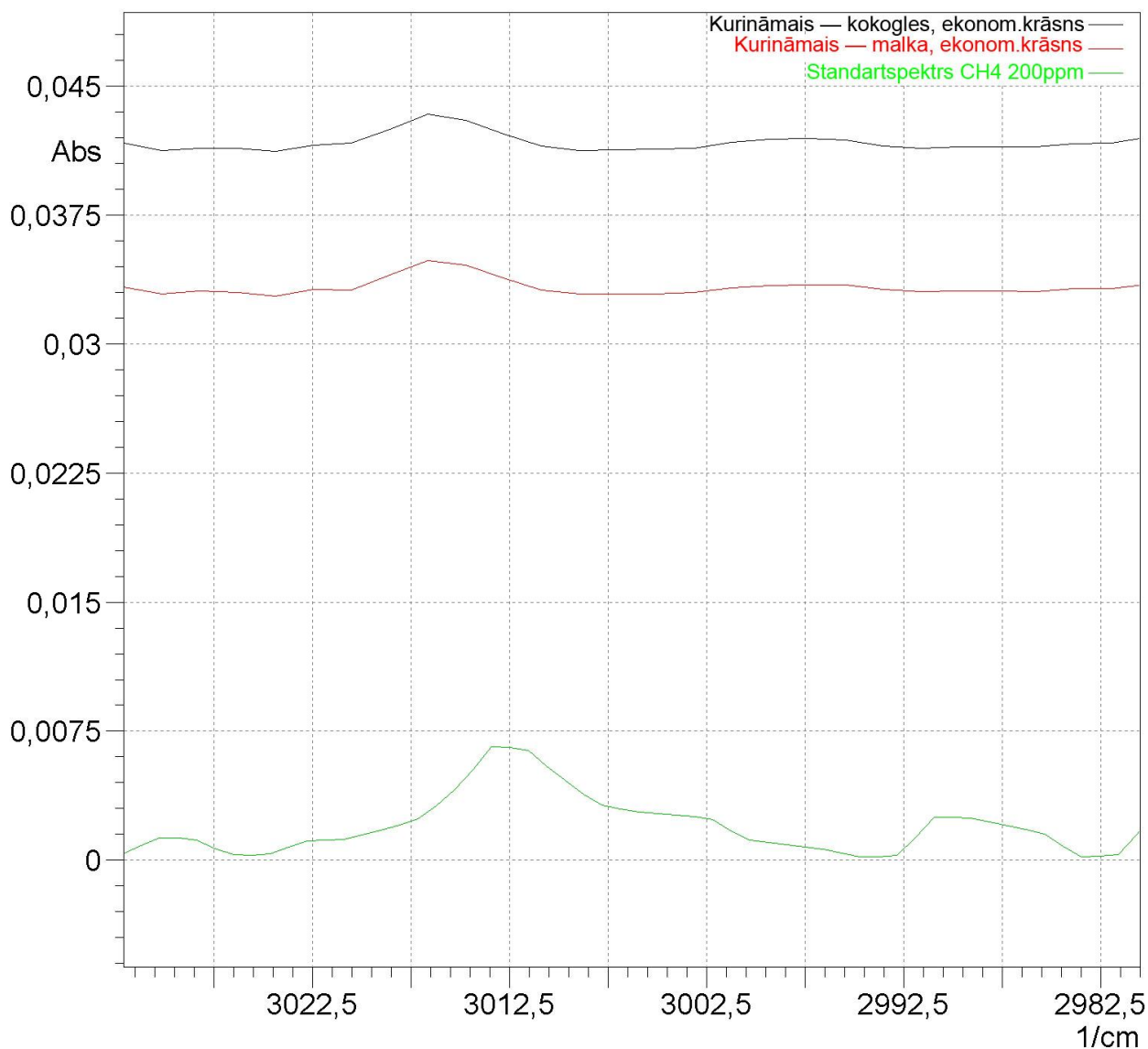
Nosakot CH<sub>4</sub> koncentrāciju dūmgāzēs instrumentāli ar gāzanalizatoru, tika konstatēts, ka ir tikai atsevišķi koncentrācijas izsitieni — zalvju CH<sub>4</sub> emisijas praktiski visās kurtuvēs un visiem kurināmajiem, bet kopējais vidējais šo emisiju daudzums ir mazs. Tādēļ proporcionālā parauga ieguvei tika izmantota tāda pati metodika, kā N<sub>2</sub>O gadījumā — vienu stundu nepārtraukti pildot dūmgāzes specialā tilpumā — sākotnēji vakuumizētā hermētiskā spilvenā. Spektrometra jutība noteikta divējādi — izmantojot literatūras datus no datu bāzes par IS spektriem — lielākām koncentrācijām un kalibrējot spektrometru ar 200 ppm CH<sub>4</sub> maisījumu ar slāpekli, identiski N<sub>2</sub>O gadījumam, tikai atbilstošā spektra diapazonā. Kā piemēri attēlos 10 līdz 13 tiek demonstrēti dažādos eksperimentos iegūtie spektri un atbilstošās kalibrēšanas līknes (spektri).

SHIMADZU

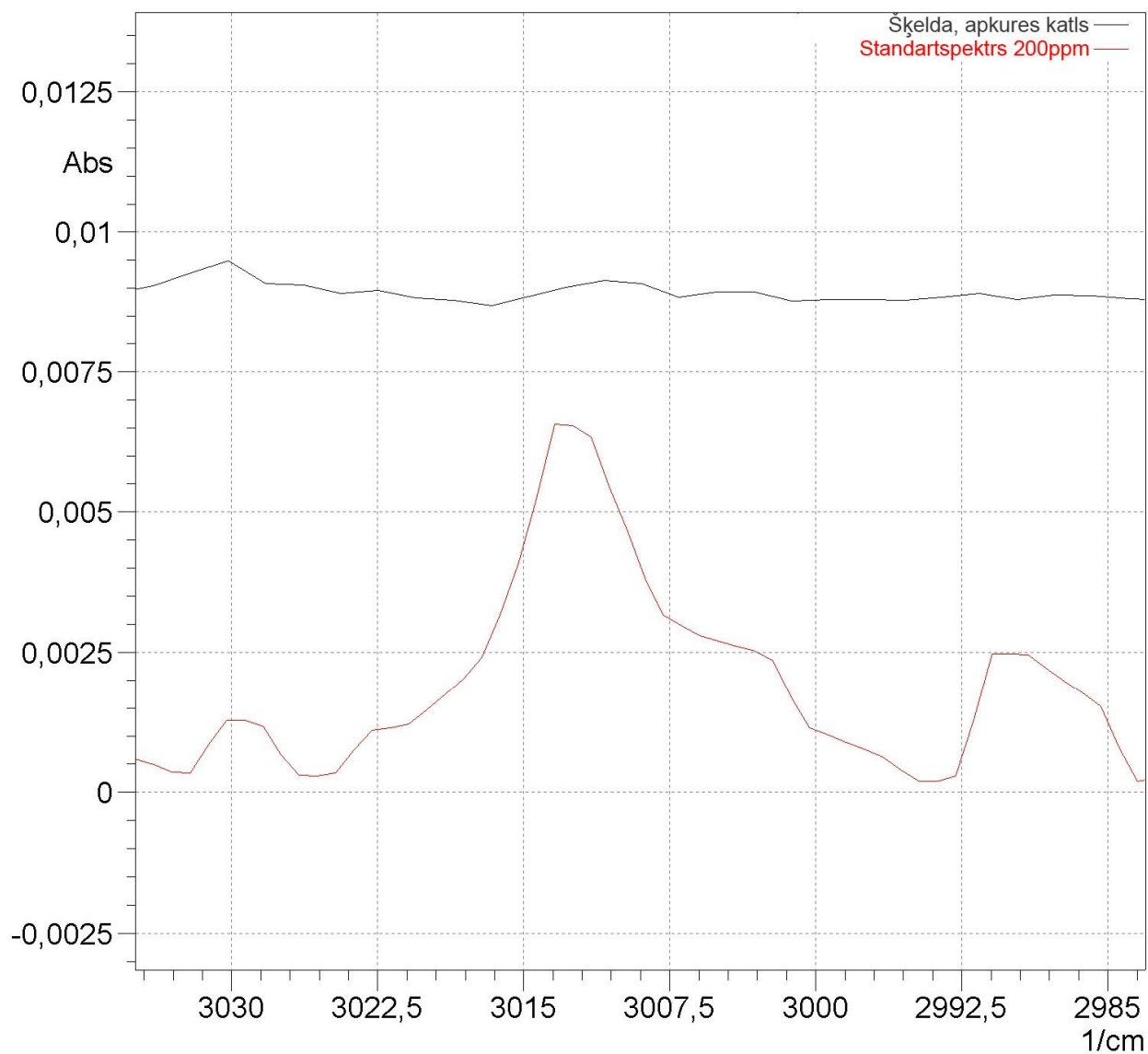


Attēls 10. Metāna CH<sub>4</sub> raksturīgā IS spektra daļa, kalibrētais spektrs un eksperiments.

Attēlā 10 redzamie spektri — melnā un sarkanā līnija, iegūti eksperimenta sākumā un beigās, t.i. ar stundas intervālu. Spektu sakritība liecina par sadedzināšanas režīma stabilitāti.



Attēls 11. Kalibrācijas spektrs 200 ppm un eksperimentālie spektri dažādiem kurināmiem.



Attēls 12. Kalibrācijas spektrs 200 ppm un eksperimentālie spektri šķeldas kurināmajam apkures katlā. (jauda 2MW).

Attēlā 12 demonstrētais eksperimentālais spektrs ir uz metodes noteikšanas spējas robežas, kas  $\text{CH}_4$  gadījumā sastāda 2 ppm. Šāda veida minimālas emisijas raksturīgas automatizētajām kurtuvēm ar jaudu virs 2MW.

### c) Dūmgāzu apjoma un kurināmā patēriņa aprēķins

Teorētiskais degšanai nepieciešamais gaisa daudzums uz kurināmā masu:

$$V^0 = \frac{1.12 * Q_i^r [\text{kcal/kg}]}{1000}, \text{ nm}^3/\text{kg},$$

kur  $Q_i^r$  — zemākā siltumspēja darba masai, kcal/kg.

Dūmgāzu teorētisko tilpumu  $V_d^0$  tuvināti var pieņemt vienādu ar  $V^0$ .

Dūmgāžu faktiskais tilpums:

$$V_d = V_d^0 + 1.0161 * (\alpha - 1) * V^0 \approx \alpha * V^0 \text{ nm}^3/\text{kg}$$

$$\alpha = \frac{21}{21 - O_2},$$

kur  $O_2$  — skābekļa saturs dūmgāzēs, %.

Cietajam kurināmajam normatīvais skābekļa saturs  $O_{2,\text{norm}} = 6\%$  (LR MK 20.08.2002. noteikumi Nr.379).

$$\alpha_{\text{norm}} = 21/(21-6) = 1.4$$

Izmantojot augstāk minētās sakarības un ilgstošā laikā noteiktās vidējās kurināmā siltumspējas vērtības, kā arī aptuvenos katlu lietderības koeficientus aprēķināts dūmgāzu faktiskais tilpums uz kurināmā kilogramu un kurināmā patēriņš, iegūstot 1 MW·h enerģijas. Tabulā 1 apkopoti izejas dati un aprēķinu rezultāti par dūmgāzu apjomu un kurināmā patēriņu.

Kurināmais	$Q_i^r$ , kcal/ kg	$W$ , %	$A$ , %	$V_d$ , nm <sup>3</sup> /kg	Vidējais siltumag- regāta lietderības koeficients	Kurināma patēriņš uz siltumener- ģijas vienību, kg/MW·h
Malka	2800	40	0.5	<b>4.7</b>	0.55	<b>558</b>
Šķelda	2600	45	1.5	<b>4.4</b>	0.7	<b>472</b>
Koksnes atlikumi	2500	40	1.7	<b>4.2</b>	0.6	<b>573</b>
Koksnes briketes	4100	8.0	0.7	<b>6.9</b>	0.8	<b>262</b>
Koksnes granulas	4200	8.0	1.0	<b>7.1</b>	0.85	<b>241</b>
Kokogles	5100	0.1	0.4	<b>8.6</b>	0.35	<b>482</b>

Tabula 1. Izejas dati un aprēķinu rezultāti dūmgāzu apjoma un kurināmā patēriņa aprēķiniem.

## 7. Rezultāti

### a) $N_2O$ emisijas faktori

Visās apskatītajās kurtuvēs sadedzinot biomasu  $N_2O$  emisijas dūmgāzēs nav konstatētas vidējā koncentrācijas līmenī virs 1 ppm. Saskaņā ar kurināmā sadedzināšanas teoriju ( J.Warnatz, U.Maas, R.W.Dibble. Combustion. Physical and chemical fundamentals, modeling and simulation, experiments, pollutant formation. Springer, 2001).  $N_2O$  sintēze pastiprinās tikai augstāku spiedienu un trešo daļu ietekmē. Mazo sadzīves katlu gadījumā esošie apstākļi nav labvēlīgi  $N_2O$  sintēzei. Iespējamo atsevišķo zalvju emisiju parādīšanās pētāma atsevišķi ar speciālu jutīgu aparāturu.

### b) $CH_4$ emisijas faktori

Tabulā 2 apkopoti rezultāti par  $CH_4$  koncentrāciju attiecību dūmgāzēs (tilpuma ppm vienībās), kas iegūti tiešajos mērījumos, uzkrājot dūmgāzes speciālā tilpumā 1stundu.

Siltumagregāts Kurināmais		1	2	3	4	5	6
		1	Malka	10	17	21	158
2	Šķelda	5	12	19	155	–	–
3	Koksnes atlikumi	11	10	26	162	–	–
4	Koksnes briketes	–	23	–	275	270	230
5	Koksnes granulas	1300*	–	470	270	–	–
6	Kokogles	–	–	–	263	250	–

Tabula 2.  $CH_4$  koncentrāciju attiecība dūmgāzēs tilpuma ppm vienībās.

1. Centrālās apkures katli.
2. Karstā ūdens katli.
3. Kombinētie (divfunkcionālie) centrālās apkures un karstā ūdens katli.
4. Istabas krāsnis.
5. Ekonomiskās krāsnis.
6. Virtuves plītis.

Pārrēķinot tabulā 2 dotos datus uz emisiju svaru, iegūstot 1 MW·h enerģijas, iegūti dati, kas attēloti tabulā 3.



Siltumagregāts Kurināmais		1	2	3	4	5	6
		1	Malka	18.7	31.8	39.3	296
2	Šķelda	7.4	17.8	28.2	229.9	–	–
3	Koksnes atlikumi	18.9	17.2	44.7	278.5	–	–
4	Koksnes briketes	–	29.7	–	355.1	348.7	297
5	Koksnes granulas	1588.88*	–	574.44	330.00	–	–
6	Kokogles	–	–	–	778.71	740.21	–

Tabula 3. CH<sub>4</sub> emisijas faktori, g/MW·h.

1. Centrālās apkures katli.
2. Karstā ūdens katli.
3. Kombinētie (divfunkcionālie) centrālās apkures un karstā ūdens katli.
4. Istabas krāsnis.
5. Ekonomiskās krāsnis.
6. Virtuves plītis.

\* Rezultāts iegūts automātiskajam katlam strādājot gruzdēšanas režīmā, jo siltie laika apstākļi noteica mazu vajadzīgo katla jaudu.

## 8. Mērījumu nenoteiktība

Nosakot katru konkrētās komponentes koncentrāciju dūmgāzēs relatīvā kļūda nepārsniedza 5 %, kas noteikts, mērot attiecīgo parametru 5 reizes un izrēķinot novirzes no vidējā lieluma saskaņā ar mērījumu kļūdu teoriju (R.H.Dieck. Measurement Uncertainty: Methods and Applications. 4th Edition. ISA. 2007). Tomēr kļūdu iespējas neaprobežojas tikai ar mērījumu precizitāti, bet ir arī citi objektīvie faktori, kuru ietekme būtu jāpēta. Tādi faktori ir kurtuvju (katlu) jauda, konkrētais lietderības koeficients, dūmgāzu temperatūra kurtuvē (atšķirīga no noteiktās dūmgāzu temperatūras mērīšanas vietā), kurināmā padeves ātrums un veids, laika apstākļi, dūmsūkņu klātbūtne un darbības raksturojumi un citi. Mērījumi izdarīti, izmantojot centrālās apkures katlus, karstā ūdens katlus un kombinētos (divfunkcionālos) centrālās apkures un karstā ūdens katlus ar jaudu, kas nepārsniedza 2 MW, bet pārējo apskatīto kurtuvju jauda bija tikai daži desmiti kW un grūti novērtēt cik tālu iegūtie dati ir vispārināmi. Ir pamats apgalvot, ka korekti dati iegūstami tikai konkrētai kurtuvei, konkrētos apstākļos.

## 9. Secinājumi

1. N<sub>2</sub>O emisijas no mazas jaudas kurtuvēm nav konstatētas ne izmantojot biomasas kurināmo, ne kokogles.
2. CH<sub>4</sub> emisijas ir konstatētas praktiski visu kurtuvju gadījumā, novērtējamās kā nelielas, bet korekts rezultāts iegūstams tikai konkrētai kurtuvei konkrētajos apstākļos.
3. Rezultātu precizēšanai nepieciešams pētīt daudzu apstākļu ietekmi uz emisiju faktoru, lai iegūtu vispārējo priekšstatu par emisiju lielumu šajā sektorā.

Atbildīgais izpildītājs, Dr. fiz.

J.Kalnačs