

Izvještaj br. I-733-28-25-UM

**UMJERAVANJE SUSTAVA ZA KONTINUIRANO MJERENJE
EMISIJE (QAL2 TEST) ONEČIŠĆUJUĆIH TVARI U ZRAK IZ
NEPOKRETNOG IZVORA TVRTKE ROCKWOOL ADRIATIC d.o.o.,
Poduzetnička zona Pićan Jug 130, Zajci, 52 333 Potpićan**

Nepokretni izvor emisija:

Izvor br. 1.: KUPOLNA PEĆ (oznaka – ispust br. 1.1.)

Zagreb, lipanj 2025.

Izvještaj se bez pismenog odobrenja ne smije reproducirati

Obrazac LME-O-110b/izdanje 01

Izvođač –akreditirani
Ispitni laboratorij:

METROALFA d.o.o.
Laboratorij za mjerenje emisija i ispitivanje kvalitete zraka (LME)
Karlovačka 4L, 10000 Zagreb
Tel ++385 (01) 5555 740
e-mail: metroalfa@metroalfa.hr

Izveštaj broj: I-733-28-25-UM

Vlasnik izvora: ROCKWOOL ADRIATIC d.o.o.
Poduzetnička zona Pićan Jug 130, Zajci, 52 333 Potpićan

Lokacija: ROCKWOOL ADRIATIC d.o.o.
Poduzetnička zona Pićan Jug 130, Zajci, 52 333 Potpićan

Vrsta mjerenja: Kalibracija sustava (QAL2 test) za kontinuirano mjerenje emisija na nepokretnom izvoru emisija

Radni nalog: 733/2025

Narudžbenica broj: -

Datum mjerenja: 16. – 18.06.2025.

Datum izveštaja: 20.06.2025.

Ukupan broj stranica: 12

Svrha: Svrha mjerenja na nepokretnom izvoru je kalibracija sustava za kontinuirano mjerenje emisija prema Pravilniku o praćenju emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora (N.N. br. 47/21).

Mjerenje obavili: Tehnički voditelj: Željko Keliš, dipl.ing.kem.tehn.,univ.spec.oecoing.

Tehnički voditelj: Antun Smiljan, mag.ing.mech.

Ispitivač: Luka Lučić, SSS

Ispitivač: Lovro Perković, SSS

Ispitivač: Edi Martinez, mag.ing.mech.

Izveštaj izradio:

Tehnički voditelj:

Željko Keliš, dipl.ing.kem.teh.

Voditelj LME:

Željko Keliš, dipl.ing.kem.teh.

M.P.
METROALFA d.o.o.
Zagreb, Karlovačka cesta 4L

SADRŽAJ

1	DEFINIRANJE NALOGA	4
1.1	NARUČITELJ.....	4
1.2	KORISNIK.....	4
1.3	NEPOKRETNI IZVOR NA KOJEM SE OBAVLJA QAL 2 TEST.....	4
1.4	DATUM MJERENJA	4
1.4.1	Datum prethodne kalibracije (QAL2 test) sustava za kontinuirano mjerenje	4
1.5	PREDMET I OPSEG ISPITIVANJA	4
1.6	NOSITELJ NALOGA	4
2.	AUTOMATSKI MJERNI SUSTAVI (AMS).....	5
2.1	OSNOVNI PODACI O AUTOMATSKIM MJERNIM SUSTAVIMA (AMS).....	5
2.2	INTERNA KONTROLA AUTOMATSKIH MJERNIH SUSTAVA.....	5
3	REZULTATI MJERENJA	6
3.1	ODSTUPANJE OD PLANA MJERENJA	6
3.2	PRIKAZ REZULTATA MJERENJA.....	7
3.2.1	NEPOKRETNI IZVOR - MJERNO MJESTO BR. 2: KUPOLNA PEĆ (OZNAKA – ISPUST BR. 1.1.)	8
3.2.1.1	Kisik (O ₂) – standardna referentna metoda.....	8
3.3	SAŽETAK MJERENJA	11
4	ZAKLJUČAK.....	12

1 DEFINIRANJE NALOGA

1.1 NARUČITELJ

ROCKWOOL ADRIATIC d.o.o.
Poduzetnička zona Pićan Jug 130, Zajci, 52 333 Potpićan

1.2 KORISNIK

ROCKWOOL ADRIATIC d.o.o.
Poduzetnička zona Pićan Jug 130, Zajci, 52 333 Potpićan

1.3 NEPOKRETNI IZVOR NA KOJEM SE OBAVLJA QAL 2 TEST

Nepokretni izvor: KUPOLNA PEĆ (oznaka – ispust br. 1.1.)

1.4 DATUM MJERENJA

Kalibracija sustava za kontinuirano mjerenje obavljena je od 16. – 18.06.2025.g.

1.4.1 Datum prethodne kalibracije (QAL2 test) sustava za kontinuirano mjerenje

Kalibracija sustava za kontinuirano mjerenje obavljena je od 03. – 05.09.2024.g.,
izvještaj I-965-1-3-28-24-UM, Metroalfa d.o.o.

1.5 PREDMET I OPSEG ISPITIVANJA

Predmet naloga je kalibracija sustava za kontinuirano mjerenje emisije onečišćujućih tvari u zrak, koji je ugrađen 2025. godine na ispustima proizvodnje kamene vune u tvornici Rockwool Adriatic d.o.o., u Pićanu. Sustavi za kontinuirano mjerenje na pojedinim ispustima mjere sljedeće parametre, koji su bili predmet kalibracije:

1. Nepokretni izvor: KUPOLNA PEĆ (oznaka – ispust br. 1.1.)

- sadržaj kisika (% vol.).

Kalibraciju sustava za kontinuirano mjerenje emisije smo obavili po postupku iz standarda HRN EN 14181:2014 (test QAL2) u sljedećim koracima:

- istovremeno paralelno mjerenje pojedinog parametra, sa standardnom referentnom metodom (SRM) i automatskim mjernim sustavom (AMS),
- usporedbom rezultata SRM i AMS, sa statističkom obradom po testu QAL2 (HRN EN 14181:2014),
- test varijabilnosti AMS-SRM (prema QAL2 testu).

Rezultati mjerenja i mjerna oprema koja je korištena za mjerenje emisija onečišćujućih tvari u zrak je navedena u izvještaju I-733-28-25 RM.

1.6 NOSITELJ NALOGA

Tehnički voditelj: Željko Keliš, dipl.ing.kem.tehn.,univ.spec.oecoing.

2. AUTOMATSKI MJERNI SUSTAVI (AMS)

2.1 OSNOVNI PODACI O AUTOMATSKIM MJERNIM SUSTAVIMA (AMS)

Uzorak otpadnih plinova za mjerenje plinskih komponenata automatsko ekstraktivno uzorkovanje kroz sondu za uzorkovanje iz bor-silikatnog stakla. Na vanjskoj strani odvodnog kanala je namješten filter od staklenih (SiO_2) vlakana, zagrijan na temperaturu $200\text{ }^\circ\text{C}$, iznad temperature rosišta plinova. Dalje se zagrijani plin na $200\text{ }^\circ\text{C}$ vodi kroz zagrijano crijevo, koje je od PTFE dužine 15 m, unutarnjeg promjera 4 mm. Plin se u vlažnom stanju vodi u analizator zagrijan na $200\text{ }^\circ\text{C}$. Protok plinova kroz sistem za uzorkovanje je minimalno 250 l/h.

Cirkonijeva sonda se koristi za mjerenje koncentracije kisika u otpadnim plinovima.

Mjerni sustav PSI Flowmeter (pito cijev) se koristi za mjerenje protoka, PT100 za mjerenje temperature otpadnih plinova.

Način uzorkovanja i pripreme otpadnog plina je usklađen sa normom HRN ISO 10396:2008 Emisije iz stacionarnih izvora - Uzorkovanje za automatizirano određivanje emisijskih koncentracija plinova za trajno instalirane mjerne sustave. Prije umjeravanja AMS je obavljen „Functional test“.

Tablica 1: prikaz mjernih područja automatskih mjernih sustava

Mjerni sustav	Komponenta	Mjerne Jedinice	Mjerno područje
ABB ACF5000			
	CO	(mg/m^3)	0-4000
	NO	(mg/m^3)	0-2000
	NO ₂	(mg/m^3)	0-1000
	SO ₂	(mg/m^3)	0-5000
	CO ₂	(% vol.)	0-30
	HF	(mg/m^3)	0-6
	HCl	(mg/m^3)	0-90
	Amonijak	(mg/m^3)	0-230
	H ₂ O	(% vol.)	0-20
Cirkonijeva sonda (ZrO₂)	O ₂	(% vol.)	0-25

Tvornički broj cirkonijeve sonde: 3KXG758011U0100

2.2 INTERNA KONTROLA AUTOMATSKIH MJERNIH SUSTAVA

Kontrola automatskog mjernog sustava se obavlja prema protokolu QAL3, opisanom u standardu EN 14181 »Stationary source emissions – Quality assurance of automated measuring systems«

Mjerni sistem održava vlasnik u skladu s uputstvima proizvođača. O redovnom i izvanrednom održavanju se vodi dnevnik.

Održavanje uređaja ABB ACF5000 na kupolnoj peći se obavlja prema uputama proizvođača.

3 REZULTATI MJERENJA

3.1 Odstupanje od plana mjerenja

Nije bilo odstupanja u odnosu na predviđene uvjete navedene u Planu mjerenja.

Za dobivene podatke od naručitelja mjerenja, koje mogu utjecati na rezultate mjerenja, laboratorij mjerenja emisija (LME) nije odgovoran.

U vremenu mjerenja dan 16. - 18.06.2025. proizvodnja kamene vune je tekla prema uobičajenom kapacitetu, bez posebnih zastoja.

Prema podacima Naručitelja parametri proizvodnje i gustoća proizvoda u vrijeme mjerenja od 16. - 18.06.2025., bili su slijedeći:

Opis	Debljina (mm)	Gustoća (kg/m ³)	Početak proizvodnje	Kraj proizvodnje
LC SWP 9 1000/1000/102 48ST/PAL	102	90	16.06.2025 01:51	16.06.2025 02:42
590.004.900 1910/1210/100 24 ST/PAL	100	75	16.06.2025 02:42	16.06.2025 04:04
Roof 50 PL/Dach 50 PL 120/2000/1200 10MW	120	120	16.06.2025 04:04	16.06.2025 05:21
FITROCK ENPL-234 (100) 120/1000/600 3/12	120	100	16.06.2025 05:21	16.06.2025 06:11
Spanrock S 2400/1200/126 18ST/PAL	126	90	16.06.2025 06:11	16.06.2025 07:41
Roof 50 PL/Dach 50 PL 140/2000/1200 9 MW	140	120	16.06.2025 07:41	16.06.2025 09:35
Roof 30 PL/Dach 30 PL 160/2000/1200 8/P	160	100	16.06.2025 09:35	16.06.2025 13:08
Steprock - C 1200/600/30 320ST/PAL	30	120	16.06.2025 13:08	16.06.2025 15:29
Dachrock 70/Dachrock 40/2000/1200 30 MW	40	156	16.06.2025 15:29	16.06.2025 16:21
Roof 30 PL/Dach 30 PL 60/1200/600 5/16P	60	100	16.06.2025 16:21	16.06.2025 17:22
Roof 50 PL/Dach 50 PL 100/1200/600 3/16P	100	120	16.06.2025 17:22	16.06.2025 19:14
SPANROCK M 103/2400/1203 26/P	103	100	16.06.2025 19:14	16.06.2025 20:15
SPANROCK TT 101/1200/1200 48ST/PAL	104	95	16.06.2025 20:15	17.06.2025 02:00
SPANROCK M 2400/1205/102 26ST/PAL	102	100	17.06.2025 02:00	17.06.2025 06:54
Spanrock M 101/2400/1210 22/P	101	100	17.06.2025 06:54	17.06.2025 08:04
Airrock HD 1200/443/50 96ST/PAL	50	70	17.06.2025 08:04	17.06.2025 09:05
MULTIROCK 35 140/1200/600 5/16P T	140	32	17.06.2025 09:05	17.06.2025 09:55
MULTIROCK 35 100/1200/600 8/16P T	100	32	17.06.2025 09:55	17.06.2025 11:53
MULTIROCK 35 50/1200/600 15/16P T	50	32	17.06.2025 11:53	17.06.2025 13:04
Solida 208 cp 1200/600/60 160ST/P	60	40	17.06.2025 13:04	17.06.2025 14:23
Solida 208 cp 1200/600/100 96ST/P	100	40	17.06.2025 14:23	17.06.2025 15:03
SPANROCK XL 1200/1200/101 48ST/PAL	101	120	17.06.2025 15:03	17.06.2025 16:36
SPANROCK M 2400/1205/102 26ST/PAL	102	100	17.06.2025 16:36	17.06.2025 20:01
Spanrock S 2400/1205/102 25ST/PAL	102	90	17.06.2025 20:01	17.06.2025 22:11
SPANROCK TT 101/1200/1200 48ST/PAL	104	95	17.06.2025 22:11	18.06.2025 00:54
SPANROCK TX 1200/1200/101 48ST/PAL	104	120	18.06.2025 00:54	18.06.2025 02:51
HARDROCK ENERGY P 2400/600/120 20ST	120	111	18.06.2025 02:51	18.06.2025 03:33
HARDROCK 1000 120/2000/1200 10MW	120	159	18.06.2025 03:33	18.06.2025 04:10
FLAT 70 P/DUROCK EXT 120/2000/1200 10MW	120	146	18.06.2025 04:10	18.06.2025 04:58
Flat 50/MonEP/Hard550 120/2000/1200 10MW	120	132	18.06.2025 04:58	18.06.2025 06:21
Spanrock TT 128/2400/1215 20/P	128	95	18.06.2025 06:21	18.06.2025 07:18
SPANROCK S 128/2400/1215 21P	128	90	18.06.2025 07:18	18.06.2025 08:40
FLAT70PL/DUROCK EX 130/2400/1200 10MW	130	145	18.06.2025 08:40	18.06.2025 10:54
HARDROCK ENERGY P 2400/600/140 18ST	140	109	18.06.2025 10:54	18.06.2025 11:38
Roof 50 PL/Dach 50 PL 150/2000/1200 8 MW	150	120	18.06.2025 11:38	18.06.2025 12:18
HARDROCK ENERGY PLUS 1200/600/160 32SL/P	160	107	18.06.2025 12:18	18.06.2025 13:06
220 PANN/AIR ND 1215/1220/40 64/P HALB	40	50	18.06.2025 13:06	18.06.2025 15:08
DUROCK ENERGY P 2400/600/80 32 ST	80	138	18.06.2025 15:08	18.06.2025 15:50
DUROCK ENERGY P 1200/600/80 64 ST/PAL	80	138	18.06.2025 15:50	18.06.2025 17:26
HARDROCK ENERGY PLUS 1200/600/80 64ST/P	80	119	18.06.2025 17:26	18.06.2025 19:43
HARDROCK ENERGY PLUS 1200/600/100 48ST/P	100	114	18.06.2025 19:43	18.06.2025 21:55
Roof 30 PL/Dach 30 PL 100/1200/600 3/16P	100	100	18.06.2025 21:55	18.06.2025 23:24
234 003 900 2300/1210/100 24ST/PAL	100	95	18.06.2025 23:24	19.06.2025 00:14

Ulaz sirovina i energenata u vrijeme mjerenja od 16. - 18.06.2025. u vremenu od 0 – 24 sata.

Dnevni prosjek	Koks	Briketi	Kamenje
	t/dan	t/dan	t/dan
16.06.2025.	53,008	264,479	229,531
17.06.2025.	51,659	274,969	226,829
18.06.2025.	50,748	264,546	230,365

3.2 PRIKAZ REZULTATA MJERENJA

U tabelama su emisijske koncentracije ukupne prašine i plinova pri pogonskim uvjetima.

Opis simbola:

AMS ...automatski mjerni sustav

SRM ...standardna referentna metoda (mjerni sustav - Metroalfa)

GVE ...granična emisijska vrijednost

D_i razlika između izmjerene vrijednosti s SRM (Y) i izmjerene vrijednosti s AMS (Y')

k_v tabelarna vrijednost testa varijabilnosti

ppropisana mjerna nesigurnost, izražena kao dio mjerne emisijske vrijednosti (%MEV)

$t_{0.95}$ tabelarna vrijednost testa ispravnosti kalibracijske funkcije

Y_i pojedina izmjerena vrijednost emisijskog parametra, izmjerena s SRM

X_i pojedina izmjerena vrijednost emisijskog parametra, izmjerena s AMS

σ_0 propisana mjerna nesigurnost, izražena kao standardna devijacija

S_D standardna devijacija razlika parova (D) izmjerenih vrijednosti s SRM i AMS

3.2.1 NEPOKRETNI IZVOR - MJERNO MJESTO BR. 2: KUPOLNA PEĆ (OZNAKA – ISPUST BR. 1.1.)

3.2.1.1 Kisik (O₂) – standardna referentna metoda

Automatski mjerni sustav (AMS): ABB ACF5000 tv.br. AB 248626391 - Tvornički broj cirkonijeve sonde: 3KXG758011U0100

Standardna referentna metoda (SRM): prema HRN EN 14789:2017 – uzorkovanje/analiza instrument Horiba PG 350EDR

Tablica 2: Rezultati paralelnog mjerenja sa automatskim mjernim sustavom (AMS) i standardnom referentnom metodom (SRM)

O ₂ - Kupolna peć																			Srednja vrijednost	Stand. devijacija
Redni broj mjerenja	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	0,5	0,1
Datum mjerenja	16.06.2025.	16.06.2025.	16.06.2025.	16.06.2025.	16.06.2025.	16.06.2025.	17.06.2025.	17.06.2025.	17.06.2025.	17.06.2025.	17.06.2025.	17.06.2025.	18.06.2025.	18.06.2025.	18.06.2025.	18.06.2025.	18.06.2025.	18.06.2025.		
Vrijeme	14,30	15,30	16,30	17,30	18,30	19,30	10,40	11,40	12,40	13,40	14,40	15,40	10,30	11,30	12,30	14,15	15,15	16,15		
	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	11,10	12,10	13,10	14,10	15,10	16,10	11,00	12,00	13,00	14,45	15,45	16,45		
AMS (% vol. vl.)	7,70	6,46	7,32	7,59	7,43	7,32	7,34	7,41	7,36	7,36	7,49	7,21	7,19	7,29	7,38	7,55	7,29	7,11		
SRM (% vol. vl.)	8,11	6,78	7,80	8,07	7,87	7,80	7,86	7,92	7,87	7,82	7,91	7,70	7,76	7,67	7,84	8,00	7,75	7,54		
Razlika (Di) - (% vol. vl.)	0,4	0,3	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4		
Z vrijednost (Zi)	0,83	2,48	0,26	0,23	0,21	0,39	1,17	0,80	0,91	0,01	0,60	0,60	1,94	1,43	0,06	0,22	0,16	0,61		
Z kritična vrijednost	2,65																			
Outlier	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok		

Kalibracijska funkcija	
b=	1,063
a=	-0,003

Koeficijent korelacija (R ²)	0,999
Valjanost područja kalibracije: Y' _{max} +10%*Y' _{max} (% vol.)	9,86

Tablica 3: Test varijabilnosti O₂

O ₂ - Kupolna peć																				Srednja
																			Suma	vrijednost
Redni broj mjerenja	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
Datum mjerenja	16.06. 2025.	16.06. 2025.	16.06. 2025.	16.06. 2025.	16.06. 2025.	16.06. 2025.	17.06. 2025.	17.06. 2025.	17.06. 2025.	17.06. 2025.	17.06. 2025.	17.06. 2025.	18.06. 2025.	18.06. 2025.	18.06. 2025.	18.06. 2025.	18.06. 2025.	18.06. 2025.		
Vrijeme	14,30	15,30	16,30	17,30	18,30	19,30	10,40	11,40	12,40	13,40	14,40	15,40	10,30	11,30	12,30	14,15	15,15	16,15		
	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	11,10	12,10	13,10	14,10	15,10	16,10	11,00	12,00	13,00	14,45	15,45	16,45		
AMS (% vol.)	8,97	7,54	8,51	8,82	8,67	8,49	8,97	8,56	8,51	8,50	8,67	8,35	8,34	8,45	8,55	8,78	8,47	8,25		
SRM (% vol.)	8,89	7,45	8,53	8,81	8,65	8,51	8,53	8,60	8,56	8,50	8,62	8,39	8,46	8,37	8,54	8,75	8,48	8,23		
Razlika (Di) - (% vol.)	-0,1	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,4	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,52	-0,03
Di-Dsr	0,0	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	-0,4	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	
(Di-Dsr) ²	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,22	

Granična vrijednost emisije (GVE): 25 % vol.

Propisana mjerna nesigurnost (p): 10 %

TEST VARIJABILNOSTI:

$$S_D \leq \sigma_0 * k_v \quad \text{Zadovoljava}$$

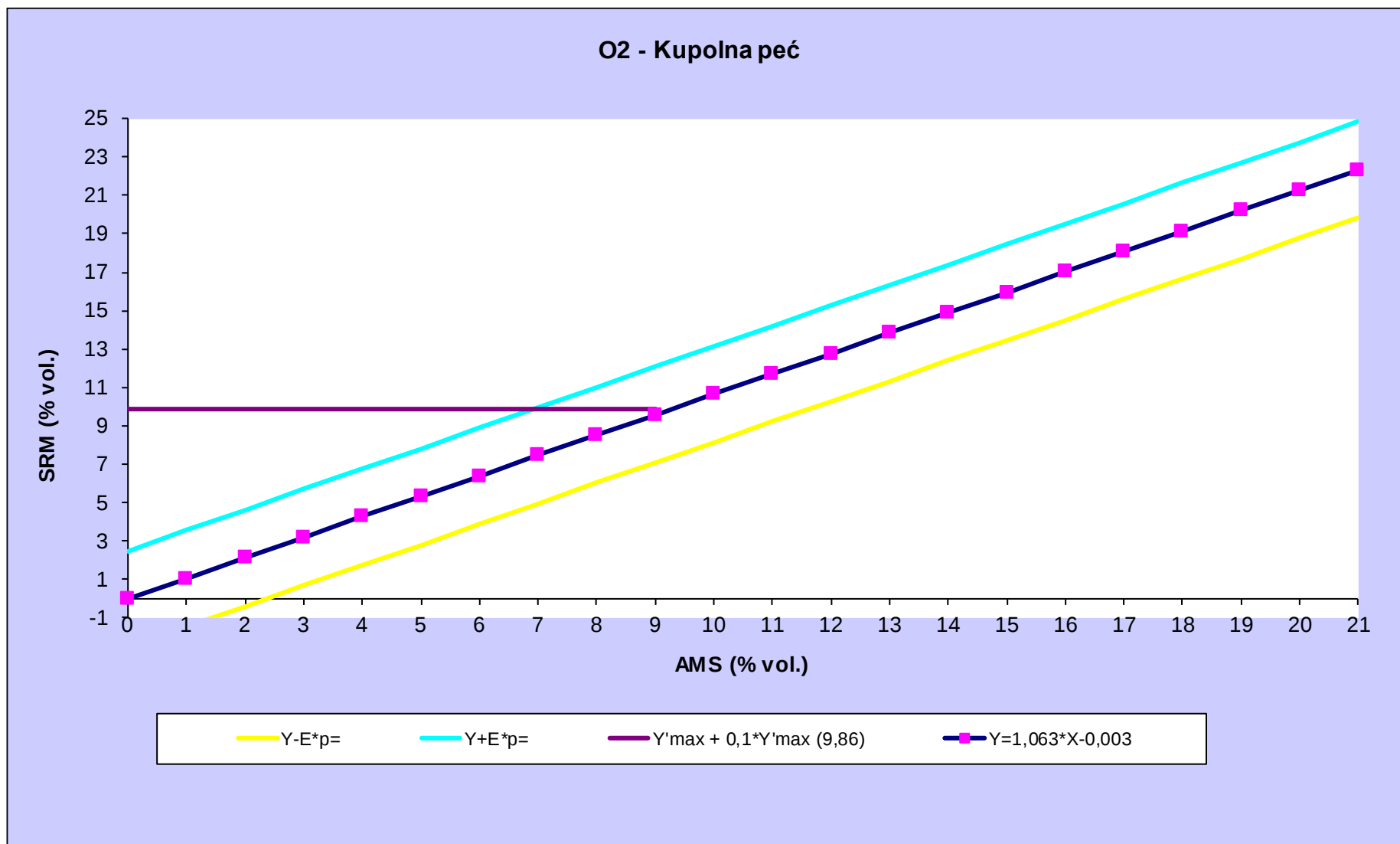
$$\sigma_0 = p * GVE / 1,96 = 1,28$$

$$k_v = 0,9803$$

$$\sigma_0 * k_v = 1,25$$

$$S_D = (1/(N-1) * (\sum(D_i - D_{sr})^2))^{0,5} = 0,11$$

Slika 1: grafički prikaz paralelnih mjerenja, uključujući valjanost područja kalibracije



3.3 SAŽETAK MJERENJA

Tablica 4: sažeti rezultati kalibracije automatskih mjernih sustava (AMS) Zone hlađenja

Parametar	Jed.	Granična vrijednost emisije	Zahtijevana mjerna nesigurnost	Kalibracijska funkcija ($Y' = a + b \cdot X$)		Područje valjanosti kalibracijske funkcije	Test varijabilnosti		Ocjena
		GVE ili mjerno područje	p (%)	a	b	$Y'_{s,max}$	S_D	$\sigma_0 \cdot k_v$	
Kupolna peć									
Kisik (O ₂)	% vol.	25	10	-0,003	1,063	9,86 % vol.	0,11	1,25	Zadovoljava

- Crveno su označena područja mjerenje obzirom da za navedene parametre nema GVE.

4 ZAKLJUČAK

U okviru kalibracije sustava za kontinuirano mjerenje emisije onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnog izvora - KUPOLNA PEĆ (oznaka – ispust br. 1.1.) u proizvodnji kamene vune u tvornici Rockwool Adriatic d.o.o., kalibrirane su funkcije automatskih mjernih sustava za kontinuirano praćenje emisije onečišćujućih tvari u zrak.

Umjeravanje podrazumijeva utvrđivanje kalibracijske funkcije, područje valjanost područja kalibracijske funkcije i test varijabilnosti po postupku HRN EN 14181:2014.

Kalibracijske krivulje mjernih parametara automatskih mjernih sustava, koji su bili predmet kalibracije, su prihvatljive jer **test varijabilnosti i koeficijent korelacije** zadovoljava kriterije iz standarda HRN EN 14181:2014.

Novi baždarni pravci se upisuju u obliku

$Y=b \cdot X + a$ gdje je:

b – nagib pravca

a – odsječak kalibracijske funkcije

X – mjerni signal AMS uređaja

Rezultati kalibracije navedeni su u tablici 4.