

**GODIŠNJA PROVJERA  
AUTOMATSKOG MJERNOG  
SUSTAVA ZA KONTINUIRANO  
MJERENJE EMISIJA U ZRAK  
IZ ISPUSTA BLOKA 45 MW  
TE-TO OSIJEK**



**Zagreb, 2025.**





Naručitelj:

**HEP PROIZVODNJA d.o.o.**  
Sektor za termoelektrane  
Pogon TE-TO Osijek  
Martina Divalta 203  
31000 Osijek

Radni nalog:

I-02-2234\_13

Naslov:

**GODIŠNJA PROVJERA AUTOMATSKOG MJERNOG SUSTAVA ZA KONTINUIRANO  
MJERENJE EMISIJA U ZRAK IZ ISPUSTA BLOKA 45 MWW TE-TO OSIJEK**

Ispitivanja proveli:

Andrej Slavica, mag. ing. mech.  
Darko Glückselig, teh.  
Antonijo Škvorić, teh.

Obrada rezultata mjerenja:

Andrej Slavica, mag. ing. mech.

Direktor odjela za mjerenja i analitiku:

Bojan Abramović, dipl. ing.

Direktor:

Elvis Cukon, dipl. ing. stroj., MBA

Zagreb, 28. 2. 2025.



## **SADRŽAJ**

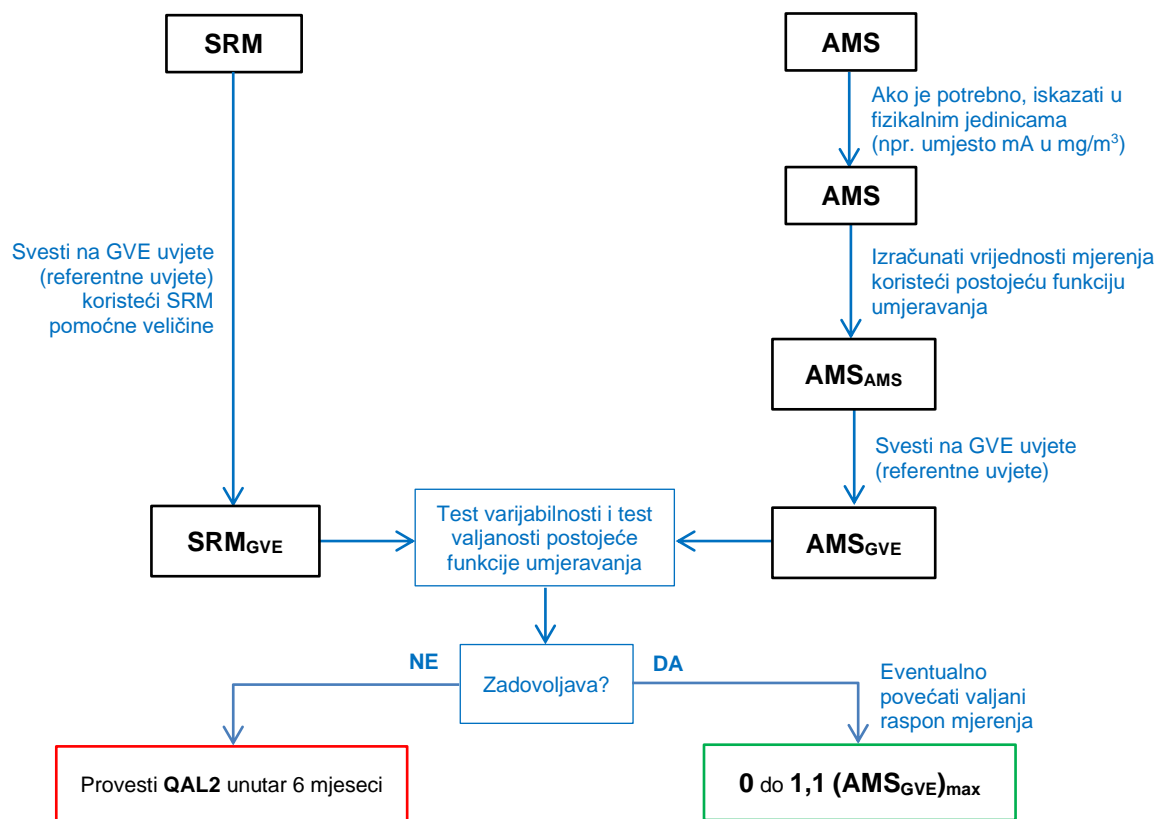
<b>1. UVOD</b> .....	<b>2</b>
<b>2. AUTOMATSKI MJERNI SUSTAVI</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1. MJERNI UREĐAJI</b> .....	<b>3</b>
2.1.1. Mjerenje temperature dimnih plinova Pt100 osjetnikom .....	3
2.1.2. Mjerenje brzine uređajem DURAG D-FL 200.....	4
2.1.3. Mjerenje emisije krutih čestica uređajem SICK OMD 41 .....	4
2.1.4. Mjerenje CO, NO, SO <sub>2</sub> i O <sub>2</sub> analizatorom Siemens ULTRAMAT 23 .....	6
<b>2.2. AMS RAČUNALO</b> .....	<b>7</b>
<b>3. REZULTATI</b> .....	<b>8</b>
<b>3.1. REZULTATI PARALELNIH MJERENJA</b> .....	<b>9</b>
3.1.1. Provjera algoritma za izračun vlažnosti dimnih plinova.....	11
3.1.2. Mjerenje temperature uređajem Pt100.....	12
3.1.3. Mjerenje O <sub>2</sub> uređajem Siemens ULTRAMAT 23 .....	13
3.1.4. Mjerenje CO uređajem Siemens ULTRAMAT 23.....	14
3.1.5. Mjerenje NO <sub>x</sub> uređajem Siemens ULTRAMAT 23 .....	15
3.1.6. Mjerenje brzine i protoka uređajem DURAG D-FL 200.....	16
<b>4. ZAKLJUČAK</b> .....	<b>17</b>
<b><u>KRATICE I INDEKSI</u></b> .....	<b>18</b>
<b><u>POJMOVNIK</u></b> .....	<b>20</b>

## **PRILOG**

- A. L-I-02-2234\_13/25 EKONERG - *Laboratorij za mjerenje emisija*: Izvještaj o mjerenju emisija iz ispusta bloka 45 MW TE-TO Osijek, 28. veljače 2025.

## 1. UVOD

Godišnja provjera uređaja automatskog mjernog sustava (AMS) za kontinuirano mjerenje emisija u zrak iz ispusta bloka 45 MW TE-TO Osijek provedena je prema postupku AST (engl. *Annual Surveillance Test*) norme HRN EN 14181:2014. Dijagram toka godišnje provjere (AST) dan je na sl. 1, a pregled AMS uređaja dan je u tab. 1.



Sl. 1: Dijagram toka godišnje provjere AMS uređaja prema AST HRN EN 14181:2014

Tab. 1: Pregled AMS uređaja ispusta dimnih plinova bloka 45 MW

Mjerena veličina		AMS uređaj
Vlažni plinovi (stanje u ispustu)	protok (brzina), $Q$	DURAG D-FL 200 (serijski. br: 1205314)
	temperatura, $\vartheta$	termometar Pt100
	krute čestice, $PM$	SICK OMD 41 (serijski. br: 02488045)
	vlažnost plinova, $H_2O$	izračun u algoritmu emisijskog računala DURAG D-EMS 2020 prema potrošnji prirodnog plina i plinskog ulja
Suhi plinovi (normirano stanje)	ugljikov monoksid, $CO$	ekstraktivni višekomponentni analizatorski sustav Siemens ULTRAMAT 23 (serijski broj: N1MN896)
	dušikov monoksid, $NO$	
	sumporov dioksid, $SO_2$	
	kisik, $O_2$	

Kao što se vidi iz dijagrama toka na sl. 1, AST postupak (godišnja provjera) temelji se na usporedbi rezultata paralelnih mjerenja između AMS uređaja i kontrolnih mjerenja koja su provedena standardnim referentnim metodama (skraćeno SRM).

Kontrolni proračun volumnog udjela vodene pare u dimnim plinovima ( $H_2O$ , %) te paralelna mjerenja: brzine dimnih plinova ( $v$ , m/s), temperature dimnih plinova ( $\vartheta$ , °C), masene koncentracije krutih čestica u dimnim plinovima ( $PM$ , mg/m<sup>3</sup>), volumnog udjela ugljičnog monoksida u suhim dimnim plinovima ( $CO$ , ppm), volumnog udjela dušikovih oksida u suhim dimnim plinovima ( $NO_x$ , ppm), volumnog udjela sumporovog dioksida u suhim dimnim plinovima ( $SO_2$ , ppm) i volumnog udjela kisika u suhim dimnim plinovima ( $O_2$ , %) proveo je *Laboratorij za mjerenje emisija* tvrtke EKONERG d.o.o.

EKONERG d.o.o., *Odjel za mjerenja i analitiku, Laboratorij za mjerenje emisija* akreditirani je ispitni laboratorij prema normi HRN EN ISO/IEC 17025:2017 od strane *Hrvatske akreditacijske agencije* u području opisanom u prilogu *Potvrde o akreditaciji br. 1194*. Rješenjem *Ministarstva zaštite okoliša i energetike*<sup>1</sup> od 12. lipnja 2019. godine, EKONERG-u je dozvoljeno obavljanje provjere ispravnosti mjernih sustava za kontinuirano mjerenje emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora sukladno zahtjevima norme HRN EN 14181 za 10 referentnih metoda ([mzozt.gov.hr](http://mzozt.gov.hr)).

Opis bloka 45 MW TE-TO Osijek, tehničke značajke izvora emisija, primijenjene metode mjerenja i korišteni kontrolni mjerni uređaji te rezultati kontrolnih mjerenja dani su u izvještaju *Laboratorija za mjerenje emisija* u **Prilogu A**. Sastavni dio izvještaja *Laboratorija za mjerenje emisija* je i plan mjerenja u kojem je opisan izgled mjernog mjesta, oblik i dimenzije mjernog presjeka, broj mjernih linija i raspored točaka mjerenja po mjernoj ravnini ispusta.

## 2. AUTOMATSKI MJERNI SUSTAVI

Automatski mjerni sustav (AMS) ispusta bloka 45 MW TE-TO Osijek sastoji se od: mjernih uređaja u ispustu dimnih plinova (SICK OMD 41 za mjerenje masene koncentracije krutih čestica, DURAG D-FL 200 za mjerenje protoka dimnih plinova i Pt100 osjetnik za mjerenje temperature dimnih plinova), sonde za uzorkovanje dimnih plinova s grijanom glavom i grijanim crijevom te klimatiziranog ormara unutar kojeg se nalazi sustav za kontinuiranu pripremu suhog uzorka dimnih plinova te višekomponentni analizatorski sustav Siemens ULTRAMAT 23 za mjerenje  $CO$ ,  $NO$ ,  $SO_2$  i  $O_2$ .

Izmjereni signali AMS uređaja se putem sustava za prijenos i pretvorbu podataka proslijeđuju AMS računalu (s programom DURAG D-EMS 2020) koje je smješteno u upravljačkoj prostoriji bloka 45 MW gdje se vrši obrada, prikaz, izvješćivanje i pohrana izmjerenih emisijskih veličina.

### 2.1. Mjerni uređaji

#### 2.1.1. Mjerenje temperature dimnih plinova Pt100 osjetnikom

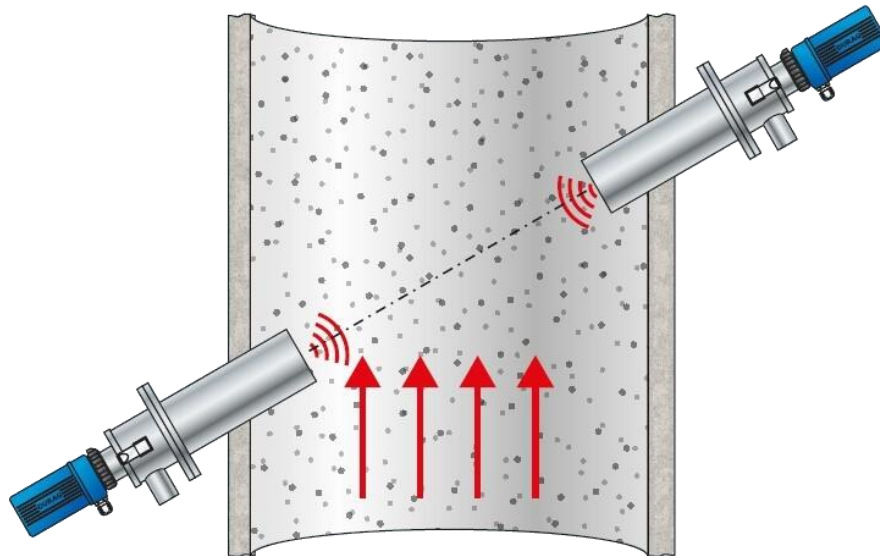
Metoda mjerenja temperature otpornim termometrom zasniva se na fizikalnom svojstvu promjene električnog otpora metala (platina, od tuda oznaka Pt) s temperaturom. Kod temperature 0 °C otporni termometar tipa Pt100 ima električni otpor 100 Ω.

Kroz otporni termometar se provodi konstantna struja koja generira pad napona ovisan o otporu, odnosno temperaturi. Mjerenjem naponskog signala za poznatu struju izračunava se otpor, odnosno temperatura. Kako se uslijed prolaska električne struje kroz osjetnik razvija Jouleova toplina, dolazi do povišenja temperature samog otpornog elementa zbog čega je temperatura koja se detektira osjetnikom veća od stvarne temperature medija. Greška uslijed samozagrijavanja ovisi o izvedbi otpornog osjetnika (klasi), a može se kretati od zanemarivih vrijednosti pa do 1 °C.

<sup>1</sup> Temeljem članka 34. i članka 35. *Zakona o ustrojstvu i djelokrugu tijela državne uprave* („Narodne novine“, broj 85/20), od 22. srpnja 2020. *Ministarstvo zaštite okoliša i energetike* nastavlja s radom kao *Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja*. Temeljem članka 15. *Zakona o ustrojstvu i djelokrugu tijela državne uprave* („Narodne novine“, broj 57/2024), od 16. svibnja 2024. *Ministarstvo zaštite okoliša i zelene tranzicije* preuzima poslove iz djelokruga dosadašnjeg *Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja*.

### 2.1.2. Mjerenje brzine uređajem DURAG D-FL 200

DURAG D-FL 200 je neekstraktivni (lat. *in-situ*) uređaj za kontinuirano mjerenje brzine (protoka) dimnih plinova koji je shematski prikazan na sl. 2.



Sl. 2: Shematski prikaz principa mjerenja brzine uređajem DURAG D-FL 200

Uređaj se u ispust uobičajeno postavlja pod kutom od 45° u odnosu na smjer strujanja. Sonda mjernog uređaja sadrži dva nasuprotno postavljena piezoelektrička ultrazvučna elementa koji imaju funkciju odašiljača (odašilje ultrazvučni val kroz ispust prema nasuprotno smještenom prijemu) i prijemnika (detektira ultrazvučni val koji kroz ispust odašilje nasuprotno smješteni odašiljač).

Ultrazvučni val koji je odaslan u smjeru strujanja ima veću brzinu od ultrazvučnog vala koji je odaslan suprotno smjeru strujanja u ispustu. Kako je put koji odaslani ultrazvučni val prijeđe u oba slučaja isti (razmak između piezoelektričkih ultrazvučnih elemenata), val koji je odaslan u smjeru strujanja će taj put prijeći za kraće vrijeme (engl. *downstream time of flight*) u odnosu na val koji je odaslan suprotno smjeru strujanja (engl. *upstream time of flight*). Brzina strujanja u ispustu je proporcionalna razlici tih vremena, a računa se prema sljedećem izrazu:

$$v = \frac{L}{2 \cdot \cos \alpha} \cdot \frac{t_u - t_d}{t_u \cdot t_d}, \quad (1)$$

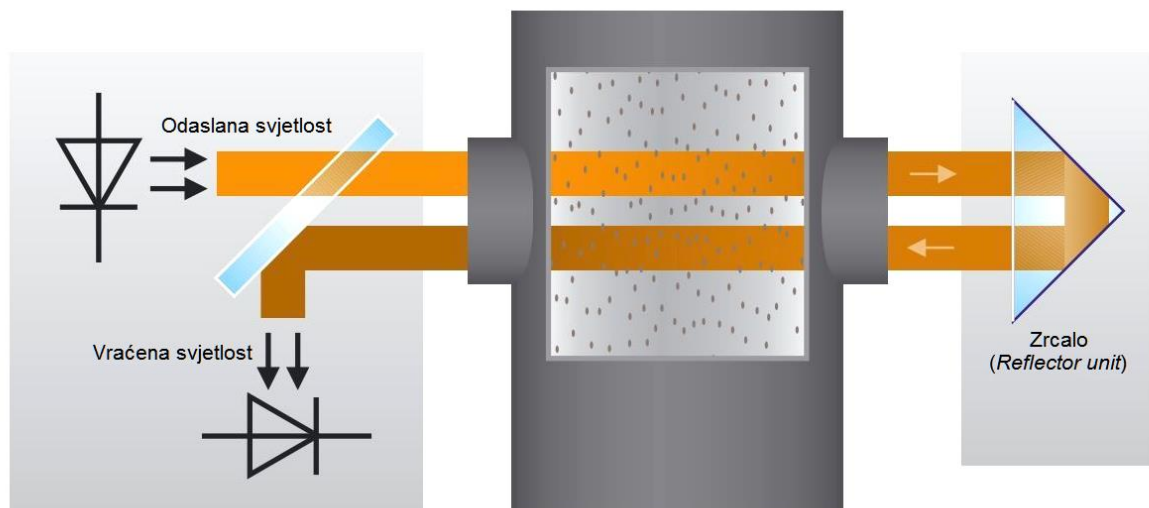
gdje je:

- $v$ , m/s; brzina strujanja u ispustu,
- $L$ , m; razmak između piezoelektričkih ultrazvučnih elemenata,
- $\alpha$ , °; postavni kut sonde (kut između osi sonde i uzdužne osi ispusta),
- $t_u$ , s; vrijeme (mjereno uređajem) potrebno da ultrazvuk prevali put između ultrazvučnih elemenata u smjeru suprotnom od strujanja dimnih plinova,
- $t_d$ , s; vrijeme (mjereno uređajem) potrebno da ultrazvuk prevali put između ultrazvučnih elemenata u smjeru strujanja dimnih plinova.

### 2.1.3. Mjerenje emisije krutih čestica uređajem SICK OMD 41

SICK OMD 41 je optički neekstraktivni (lat. *in-situ*) uređaj za kontinuirano mjerenje masene koncentracije krutih čestica u ispustu bloka 45 MW. Princip rada uređaja je shematski prikazan na sl. 3.





Sl. 3 Princip rada optičkog uređaj SICK OMD 41 za mjerenje masene koncentracije krutih čestica

Princip rada uređaja je sljedeći: odašiljač (svjetleća dioda) odašilje zraku svjetlosti kroz tok plinova prema nasuprot postavljenoj jedinici („reflector unit“) gdje se svjetlost reflektira i vraća prema prijemniku. Odaslana svjetlost prolaskom kroz dimne plinove slabi zbog prisutnosti krutih čestica (dio svjetlosti se apsorbira i raspršuje) te je stoga intenzitet svjetlosti koju registrira prijemnik manja od intenziteta odaslane svjetlosti. Omjer intenziteta vraćene (prijemnikom registrirane) i odaslane svjetlosti naziva se transmisijski koeficijent, odnosno vrijedi:

$$T = \frac{I}{I_0} \cdot 100\%, \quad (2)$$

gdje je:

$I$ , cd; intenzitet vraćene svjetlosti (nakon prolaska kroz tok dimnih plinova),  
 $I_0$ , cd; intenzitet odaslane svjetlosti.

Prema koeficijentu transmisije svjetlosti može se definirati slabljenje (gašenje; ekstinkcija) svjetlosti:

$$E = \log \frac{1}{T} = -\log T. \quad (3)$$

Koristeći Lambert-Beerov zakon, koncentracija krutih čestica u dimnim plinovima linearno je proporcionalna ekstinkciji odaslane svjetlosti:

$$PM = \frac{E \cdot \ln 10}{L \cdot k}, \quad (4)$$

gdje je:

$L$ , m; duljina mjerne staze,  
 $k$ ,  $m^2/kg$ ; maseni faktor ekstinkcije.

### 2.1.4. Mjerenje CO, NO, SO<sub>2</sub> i O<sub>2</sub> analizatorom Siemens ULTRAMAT 23

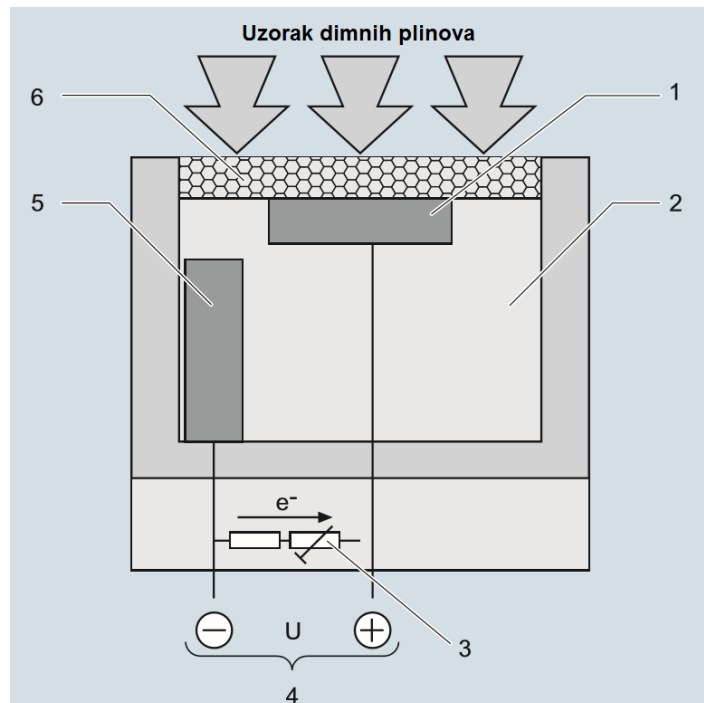
Mjerenje volumnih udjela CO, NO (NO<sub>x</sub> kao NO), SO<sub>2</sub> i O<sub>2</sub> u suhim dimnim plinovima vrši se pomoću višekomponentnog analizatora ekstraktivnog tipa Siemens ULTRAMAT 23 koji je prikazan na sl. 4.

Siemens ULTRAMAT 23 mjeri volumne udjele CO, NO i SO<sub>2</sub> metodom ne-disperzivne infracrvene apsorpcije (engl. *Non-Dispersive Infra-Red* - NDIR). NDIR metoda se zasniva na pojavi da molekule plinova sastavljene od različitih atoma apsorbiraju infracrveno zračenje različitih valnih duljina.



Sl. 4: Siemens ULTRAMAT 23

Molekule kisika ne apsorbiraju infracrveno zračenje jer se sastoje od istih atoma. Stoga je u analizator Siemens ULTRAMAT 23 ugrađen modul za mjerenje O<sub>2</sub> elektrokemijskom metodom koja je shematski prikazana na sl. 5.



Sl. 5: Modul s elektrokemijskom metodom mjerenja O<sub>2</sub>

1: katoda (zlato); 2: elektrolit (octena kiselina); 3: termootpornik i otpornik za temperaturnu kompenzaciju; 4: izlazni signal (napon); 5: anoda (olovo); 6: perfluoroetilen-propilenska membrana permeabilna za molekule kisika

Kod mjerenja volumnog udjela kisika elektrokemijskom metodom uzorak dimnih plinova se dobavlja prema mjernoj ćeliji kroz membranu koja je propusna za molekule kisika. Molekule kisika u kontaktu s katodom stvaraju hidroksidne ione koji potom u reakciji s anodom (oksidacijom) stvaraju tok električne struje između katode i anode. Mjerenjem napona generirane električne struje, koja je proporcionalna količini molekula kisika koje su prošle kroz propusnu membranu, određuje se volumni udio kisika u dimnim plinovima. Kako je brzina elektrokemijske reakcije proporcionalna temperaturi uzorkovanih plinova, izlazni signal je temperaturno kompenziran.

## 2.2. AMS RAČUNALO

AMS računalo s programom DURAG D-EMS 2020 služi za obradu, prikaz, izvješćivanje i pohranu izmjerenih emisijskih veličina. Kako je svaki analogni strujni signal (4 mA - 20 mA) izmjerenih veličina ( $CO$ ,  $NO$ ,  $SO_2$ ,  $O_2$ ,  $Q$ ,  $PM$  i  $\vartheta$ ) lineariziran<sup>2</sup>, to znači da su i digitalni signali ovih veličina također linearni. Stoga za izračun tzv. „sirovih“ fizikalnih veličina računalo koristi jednadžbe pravca (tzv. regresijske pravce) koji se određuju umjeravanjem. Računalo vrši preračun „sirovih“ fizikalnih emisijskih veličina na referentne uvjete koji odgovaraju volumenu suhih plinova ( $H_2O = 0\%$ ) kod referentnog sadržaja kisika ( $O_2 = 3\%$ ) pri  $0\text{ }^\circ\text{C}$  i  $1013,25\text{ hPa}$ . Računalo potom računa tzv. provjerene vrijednosti emisija tako što od važećih<sup>3</sup> vrijednosti emisija svedenih na referentne uvjete oduzme mjernu nesigurnost. Ovako izračunate provjerene srednje satne vrijednosti se uspoređuju s graničnim vrijednostima emisija (GVE). Postavke algoritma za izračun emisijskih veličina dane su u tab. 2. Tumač oznaka mjernih jedinica (npr.  $\%_{sdp}$ ,  $m^3_{isp}$ ) dan je u poglavlju *Kratice i indeksi*.

Tab. 2: Izračun emisijskih veličina u algoritmu emisijskog računala (10. veljače 2025.)

Mjerena veličina	Proporcionalnost analognog signala 4 - 20 mA	Izračun mjerene („sirove“) vrijednosti	Korekcijski koeficijenti za svođenje na referentne (GVE) uvjete		
			$k_{O_2}$	$k_{H_2O}$	$k_{\vartheta}$
$CO$	0 - 400 $mg/m^3_{sdp}$	$CO = 25 \cdot (mA) - 100$	DA	-	-
$NO_x$	-	$NO_x = NO \cdot 1,53$	DA	-	-
	0 - 2 000 $mg/m^3_{sdp}$	$NO = 125 \cdot (mA) - 500$	-	-	-
$SO_2$	-	$SO_{2\text{ cal}} = SO_2 \cdot 0,88$	DA	-	-
	0 - 6 000 $mg/m^3_{sdp}$	$SO_2 = 375 \cdot (mA) - 1\,500$	-	-	-
$PM$	-	$PM = E \cdot 131,753$	DA	DA	DA
	0 - 0,3	$E = 0,01875 \cdot (mA) - 0,075$	-	-	-
$Q$	-	$Q_{cal} = Q \cdot 1,0023$	DA	DA	DA
	0 - 500 000 $m^3_{isp}/h$	$Q = 31\,250 \cdot (mA) - 125\,000$	-	-	-
$H_2O$	-	$H_2O = 11,48 + \frac{56,56 \cdot q_P}{11,614 \cdot q_P + 13\,666 \cdot q_M}$	-	-	-
$O_2$	0 - 21 $\%_{sdp}$	$O_2 = 1,3125 \cdot (mA) - 5,25$	-	-	-
$\vartheta$	0 - 581,7 $^\circ\text{C}$	$\vartheta = 29,085 \cdot (mA)$	-	-	-

### OZNAKE UZ KOREKCIJSKE KOEFICIJENTE

DA: korekcijski koeficijent se koristi i treba ga koristiti,

NE: korekcijski koeficijent se ne koristi a treba ga koristiti,

- : korekcijski koeficijent se ne koristi i ne treba ga koristiti.

Preračun koncentracija plinovitih onečišćujućih tvari ( $CO$ ,  $NO_x$  i  $SO_2$ ) na referentne uvjete vrši se množenjem izmjerene („sirove“) vrijednosti s korekcijskim koeficijentom  $k_{O_2}$ . Preračun koncentracije krutih čestica ( $PM$ ) na referentne uvjete vrši se množenjem izmjerene vrijednosti ekstinkcije ( $E$ ) i pripadajućeg kalibracijskog faktora s koeficijentima  $k_{\vartheta}$ ,  $k_{H_2O}$  i  $k_{O_2}$ , a preračun protoka dimnih plinova ( $Q$ ) na referentne uvjete vrši se dijeljenjem izmjerene vrijednosti protoka

<sup>2</sup> Raspon strujnog signala temperature dimnih plinova ( $\vartheta$ ) počinje od 0 mA.

<sup>3</sup> Izuzimaju se vrijednosti izmjerene tijekom upuštanja u rad i prestanka rada bloka 45 MW.

dimnih plinova i pripadajućeg kalibracijskog faktora protoka s koeficijentima  $k_{\vartheta}$ ,  $k_{H_2O}$  i  $k_{O_2}$ . Pri tome se korekcijski koeficijenti računaju na sljedeći način:

$$k_{O_2} = \frac{21 \% - 3 \%}{21 \% - O_2}; \quad k_{H_2O} = \frac{100 \%}{100 \% - H_2O}; \quad k_{\vartheta} = \frac{\vartheta + 273,15}{273,15}, \quad (5)$$

gdje je:

- $O_2$ ; %; mjereni volumni udio kisika u suhim dimnim plinovima,
- $H_2O$ ; %; volumni udio vodene pare (vlage) u vlažnim dimnim plinovima,
- $\vartheta$ ; °C; temperatura vlažnih dimnih plinova.

### 3. REZULTATI

Godišnja provjera (AST) temelji se na rezultatima paralelnih mjerenja, a utvrđuje ispravnost mjerenja AMS uređaja prema rezultatima testa valjanosti regresijskog pravca (određenog tijekom umjeravanja) i testa varijabilnosti.

*Uredbom o graničnim vrijednostima emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora (NN 42/2021), odnosno Direktivi 2010/75/EU od 24. studenog 2010. o industrijskim emisijama (integrirano sprečavanje i kontrola onečišćenja) propisane su polovine dvostranih 95 %-tnih intervala pouzdanosti AMS uređaja koje su iskazane kao postotci ( $P$ ) od graničnih vrijednosti emisija ( $GVE$ ). Kako je mjerna nesigurnost polovina ukupnog intervala pouzdanosti ( $I$ ), tada se propisana standardna devijacija  $\sigma_0$  računa na sljedeći način:*

$$\sigma_0 = \frac{I}{2 \cdot 1,96} = \frac{P \cdot GVE}{1,96}. \quad (6)$$

$GVE$  i dozvoljena standardna devijacija  $\sigma_0$  iskazane su kod referentnog stanja što znači da i testovi varijabilnosti i valjanosti regresijskog pravca AMS uređaja moraju biti provedeni s rezultatima paralelnih mjerenja svedenim na referentne uvjete.

Kako  $GVE$  za  $O_2$  i  $H_2O$  nije propisana, korištena je takozvana virtualna granična vrijednost emisije prema preporuci *Technical Guidance Note M20 Version 2.4, Quality assurance of continuous emission monitoring systems - application of EN 14181 and BS EN 13284-2 (Environment Agency, April 2012)*.

Radi određivanja intervala pouzdanosti AMS uređaja za mjerenje brzine, korištena je dozvoljena kombinirana mjerna nesigurnost AMS uređaja DURAG D-FL 200 prema QAL1 tipskom odobrenju koja sukladno zahtjevu norme EN 15267-3 iznosi 7,5 % mjernog raspona. Dakle, za standardnu devijaciju ( $\sigma_0$ ) protoka dimnih plinova usvojena je mjerna nesigurnost ( $u_Q$ ) određena prema sljedećem izrazu:

$$u_Q = \frac{7,5 \% \cdot 144\,400 \text{ m/h} \cdot 8,32 \text{ m}^2}{1,96} = 45\,845 \text{ m}^3_{\text{isp}}/\text{h}, \quad (7)$$

gdje je:

- $u_Q$ ;  $\text{m}^3_{\text{isp}}/\text{h}$ ; kombinirana mjerna nesigurnost AMS uređaja DURAG D-FL 200 za mjerenje protoka dimnih plinova u ispustu,
- 144 000 m/h; mjerni raspon brzine uređaja DURAG D-FL 200 (40 m/s),
- 8,32 m<sup>2</sup>; površina poprečnog mjernog presjeka dimnovodnog kanala.

Kako uređaji za mjerenje temperature nisu tipični uređaj za mjerenje emisija te zato nemaju niti QAL1 tipsko odobrenje, mjerna nesigurnost AMS uređaja za mjerenje temperature dimnih plinova ( $u_g$ ) određena prema sljedećem izrazu:

$$u_g = \sqrt{\left(\frac{6,6 \text{ °C}}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{4,0 \text{ °C}}{\sqrt{3}}\right)^2} = 4,46 \text{ °C}, \quad (8)$$

gdje je:

- $u_g$ ; °C; kombinirana mjerna nesigurnost AMS uređaja Pt100 za mjerenje temperature dimnih plinova u ispustu,
- 6,6 °C; granična greška otpornog termometra Pt100 klase C kod 600 °C prema IEC 60751:2009<sup>4</sup>,
- 4,0 °C; procijenjena granična greška uređaja za prijenos i obradu signala otpornog termometra Pt100.

Obaveza kontinuiranog mjerenja koncentracija krutih čestica ( $PM$ ) i  $SO_2$  propisana je samo prilikom korištenja tekućeg goriva<sup>5</sup> (prilikom loženja kotlova prirodnim plinom emisijsko računalo bilježi nule kao izmjerene vrijednosti koncentracija  $PM$  i  $SO_2$ ). Kako je blok tijekom provedbe paralelnih mjerenja bio ložen isključivo prirodnim plinom, uređaji za mjerenje  $PM$  i  $SO_2$  nisu bili u funkciji.

Pregled korištenih mjernih nesigurnosti dan je u tab. 3. Rezultati AST su dani u nastavku za pojedini AMS uređaj.

Tab. 3: Propisane i korištene mjerne nesigurnosti pojedinih AMS mjerenih veličina

Veličina	GVE	P	Mjerni raspon	Proširena mjerna nesigurnost	$\sigma_0$
$H_2O$	30 % <sub>vdp</sub> <sup>1)</sup>	10 %	0 - 600 °C	± 3,0 % <sub>vdp</sub>	± 1,53 % <sub>vdp</sub>
$\vartheta$				± 4,46 °C	
$O_2$	21 % <sub>sdp</sub> <sup>1)</sup>	10 %		± 2,1 % <sub>sdp</sub>	± 1,07 % <sub>sdp</sub>
$CO$	100 mg/m <sup>3</sup> <sub>ref</sub>	10 %		± 10 mg/m <sup>3</sup> <sub>ref</sub>	± 5,10 mg/m <sup>3</sup> <sub>ref</sub>
$NO_x$	100 mg/m <sup>3</sup> <sub>ref</sub>	20 %		± 20 mg/m <sup>3</sup> <sub>ref</sub>	± 10,20 mg/m <sup>3</sup> <sub>ref</sub>
$Q$					± 45 845 m <sup>3</sup> <sub>isp/h</sub>

<sup>1)</sup> Virtualna GVE prema *Technical Guidance Note M20 Version 2.4, Quality assurance of continuous emission monitoring systems - application of EN 14181 and BS EN 13284-2, Environment Agency, April 2012*

### 3.1. REZULTATI PARALELNIH MJERENJA

11. veljače 2025. godine EKONERG-ov Laboratorij za mjerenje emisija je u ispustu dimnih plinova bloka 45 MW izvršio pet paralelnih mjerenja (M1-M5): temperature ( $\vartheta$ ), protoka dimnih plinova ( $Q$ ), volumnih udjela  $CO$ ,  $NO_x$  i  $O_2$  u suhim dimnim plinovima te je izračunat volumni udio vlage ( $H_2O$ ) u dimnim plinovima. Pregled izmjerenih, tzv. „sirovih“ vrijednosti paralelnih mjerenja SRM i AMS uređaja dan je u tab. 4 i tab. 5.

<sup>4</sup> HRN EN 60751:2009: Industrijski platinasti otpornički termometri i platinasta toplinska osjetila (osjetila temperature) (IEC 60751:2008; EN 60751:2008).

<sup>5</sup> Prema *Rješenju o izmjeni i dopuni uvjeta okolišne dozvole za postojeće postrojenje TE-TO Osijek*; Ministarstvo zaštite okoliša i zelene tranzicije, KLASA: UP/I-351-02/19-45/09, URBROJ: 517-05-1-3-2-24-40 od 16. kolovoza 2024.

Tab. 4: Emisije iz ispusta izmjerene SRM uređajima

SRM	$\vartheta$	$H_2O$	$Q$	$O_2$	$CO$	$NO_x$ kao $NO$
	°C	% <sub>vdp</sub>	$m^3_{isp}/h$	% <sub>sdp</sub>	$mg/m^3_{sdp}$	$mg/m^3_{sdp}$
M1	174	16,78	170 770	3,01	10	57
M2	174	16,75	170 752	3,03	8	58
M3	174	16,69	170 733	3,12	5	58
M4	173	16,69	164 415	3,16	4	56
M5	168	16,50	154 913	3,41	2	55

Tab. 5: Emisije iz ispusta izmjerene AMS uređajima

AMS	$\vartheta$	$H_2O$	$Q$	$O_2$	$CO$	$NO_x$ kao $NO$
	°C	% <sub>vdp</sub>	$m^3_{isp}/h$	% <sub>sdp</sub>	$mg/m^3_{sdp}$	$mg/m^3_{sdp}$
M1	171	16,35	159 653	3,10	14	60
M2	173	16,35	161 117	3,14	13	60
M3	173	16,35	158 382	3,23	10	60
M4	171	16,35	153 007	3,26	10	59
M5	166	16,35	138 196	3,47	7	57

Pregled vrijednosti paralelnih mjerenja SRM i AMS uređaja svedenih na referentne (GVE) uvjete (volumen suhih plinova kod referentnog  $O_2$  od 3 % pri 0 °C i 1013,25 hPa) potrebne za testove varijabilnosti i valjanosti linearnih regresija dan je u tab. 6 i tab. 7. Kako pomoćne veličine ( $\vartheta$ ,  $O_2$  i  $H_2O$ ) ne bi utjecale na prolaznost pojedinih AMS uređaja kod testova varijabilnosti i valjanosti linearnih regresija, prilikom svođenja tzv. „sirovih“ vrijednosti AMS uređaja na referentne (GVE) uvjete korištene su vrijednosti pomoćnih veličina mjerene SRM uređajima. Dakle, umjesto vrijednosti AMS uređaja iz tab. 7 korištene su „sirove“ vrijednosti AMS uređaja svedene na referentne uvjete korištenjem vrijednosti pomoćnih veličina mjenjenih SRM uređajima.

Tab. 6: Emisije mjerene SRM uređajima svedene na referentne uvjete

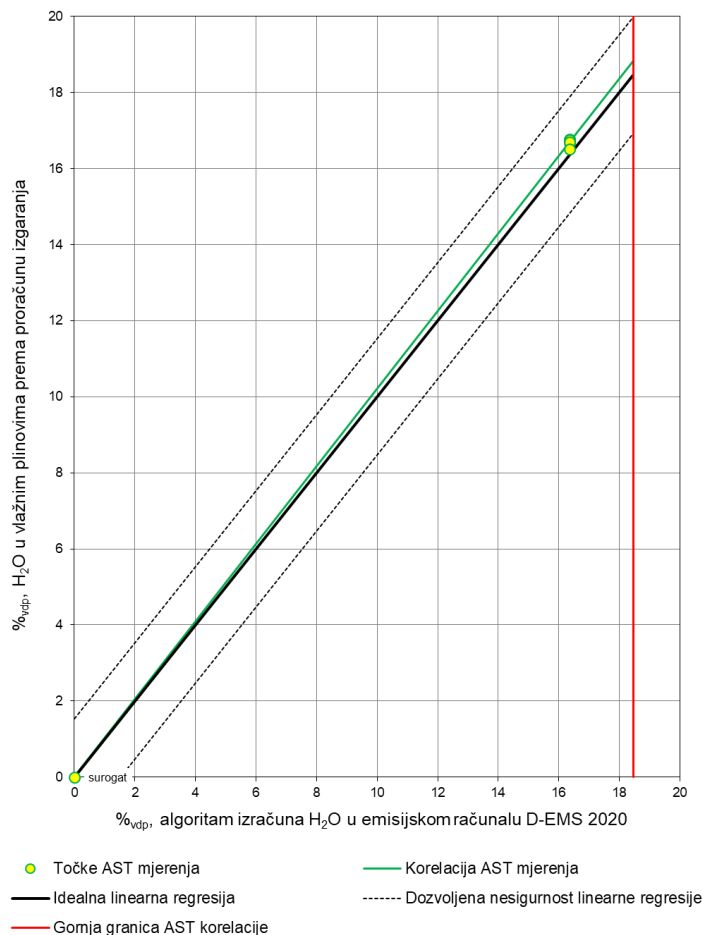
SRM	$Q$	$CO$	$NO_x$
	$m^3_{ref}/h$	$mg/m^3_{ref}$	$mg/m^3_{ref}$
M1	86 582	10	88
M2	86 469	8	89
M3	86 092	5	89
M4	82 927	4	87
M5	78 176	2	86

Tab. 7: Emisije mjerene AMS uređajima svedene na referentne uvjete

AMS	$Q$	$CO$	$NO_x$
	$m^3_{ref}/h$	$mg/m^3_{ref}$	$mg/m^3_{ref}$
M1	81 691	14	92
M2	81 911	13	92
M3	80 118	10	93
M4	77 542	10	92
M5	69 984	7	89

### 3.1.1. Provjera algoritma za izračun vlažnosti dimnih plinova

Na sl. 6 je prikazan odnos idealnog regresijskog pravca (AMS = SRM) i korelacije utvrđene na temelju rezultata pet (M1-M5) valjanih paralelnih rezultata izračuna vlažnosti dimnih plinova i jedne dodatne, tzv. surogat točke. U tab. 8 su dani rezultati testova varijabilnosti i valjanosti fiktivne linearne regresije.



Sl. 6: Odnos utvrđene AST korelacije i idealnog regresijskog pravca za usvojen algoritam izračuna vlažnosti dimnih plinova u emisijskom računalu

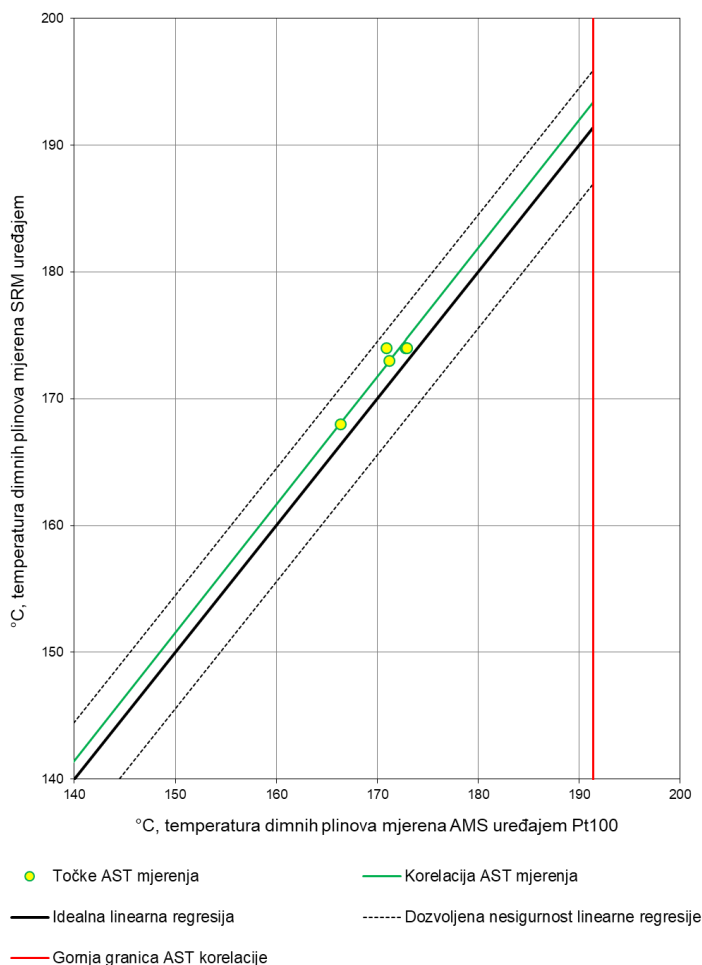
Tab. 8: Test varijabilnosti i test valjanosti fiktivne linearne regresije za usvojen algoritam izračuna vlažnosti dimnih plinova u emisijskom računalu

AMS = $a_{QAL2} + b_{QAL2} \cdot AMS_{old}$ AMS = $11,48 + \frac{56,56 \cdot q_p}{11,614 \cdot q_p + 13\,666 \cdot q_m}$				AST test varijabilnosti				AST test valjanosti linearne regresije		
				$s_D \leq 1,5 \cdot \sigma_0 \cdot k_v$				$ D_{sr}  \leq \frac{t_{0,95;(N-1)} \cdot s_D}{\sqrt{N}} + \sigma_0$		
$a_{QAL2}$	$b_{QAL2}$	min	max	$s_D$	$\sigma_0$	$k_v$	$1,5 \cdot \sigma_0 \cdot k_v$	$ D_{sr} $	$t_{0,95;(N-1)}$	$\frac{t_{0,95;(N-1)} \cdot s_D}{\sqrt{N}} + \sigma_0$
%vdp	-	%vdp	%vdp	<b>0,11</b>	1,53	0,92	<b>2,10</b>	<b>0,33</b>	2,13	<b>1,63</b>
0	1	-	-	<b>Zadovoljava</b>				<b>Zadovoljava</b>		

Kao što se vidi iz tab. 8, usvojeni algoritam izračuna vlažnosti dimnih plinova ( $H_2O$ ) uspješno prolazi testove varijabilnosti i valjanosti linearne regresije. Postojeći izračunski izraz za određivanje vlažnosti dimnih plinova u algoritmu emisijskog računala DURAG D-EMS 2020 se može zadržati.

### 3.1.2. Mjerenje temperature uređajem Pt100

Na sl. 7 je prikazan odnos idealnog regresijskog pravca (AMS = SRM) i korelacije utvrđene na temelju rezultata pet (M1-M5) valjanih paralelnih mjerenja i jedne dodatne, tzv. surogat točke. U tab. 9 su dani rezultati testova varijabilnosti i valjanosti linearne regresije.



Sl. 7: Odnos utvrđene AST korelacije i idealnog regresijskog pravca AMS uređaja Pt100 za mjerenje temperature

Tab. 9: Test varijabilnosti i test valjanosti linearne regresije AMS uređaja Pt100 za mjerenje temperature

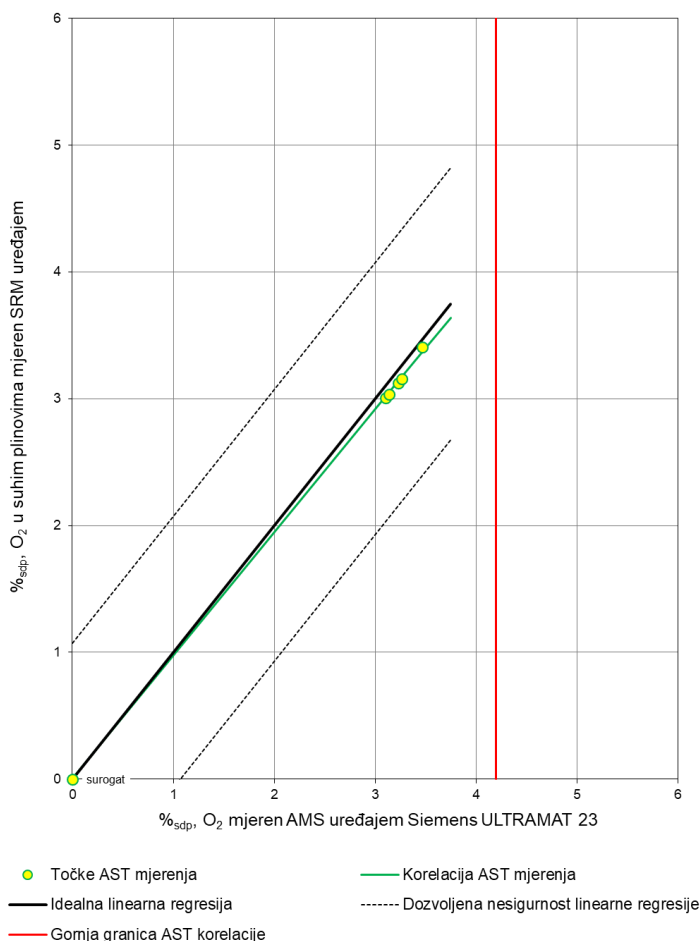
$AMS = a_{QAL2} + b_{QAL2} \cdot AMS_{old}$ $AMS = min + \frac{max - min}{20 \text{ mA}} \cdot (x)$				AST test varijabilnosti				AST test valjanosti linearne regresije		
				$s_D \leq 1,5 \cdot \sigma_0 \cdot k_v$				$ D_{SR}  \leq \frac{t_{0,95;(N-1)} \cdot s_D}{\sqrt{N}} + \sigma_0$		
$a_{QAL2}$	$b_{QAL2}$	$min$	$max$	$s_D$	$\sigma_0$	$k_v$	$1,5 \cdot \sigma_0 \cdot k_v$	$ D_{SR} $	$t_{0,95;(N-1)}$	$\frac{t_{0,95;(N-1)} \cdot s_D}{\sqrt{N}} + \sigma_0$
°C	-	°C	°C	0,80	4,46	0,92	6,12	1,78	2,13	5,22
0	1	0	581,7	Zadovoljava				Zadovoljava		

Kao što se vidi iz tab. 9, AMS uređaj Pt100 za mjerenje temperature uspješno prolazi testove varijabilnosti i valjanosti linearne regresije. Postojeći regresijski pravac je valjan u rasponu od 0 °C do 201 °C. Ovaj raspon, utvrđen tijekom prošlog umjeravanja (QAL2), veći je od valjanog raspona mjerenja utvrđenog tijekom AST-a.



### 3.1.3. Mjerenje O<sub>2</sub> uređajem Siemens ULTRAMAT 23

Na sl. 8 je prikazan odnos idealnog regresijskog pravca (AMS = SRM) i korelacije utvrđene na temelju rezultata pet (M1-M5) valjanih paralelnih mjerenja i jedne dodatne, tzv. surogat točke. U tab. 10 su dani rezultati testova varijabilnosti i valjanosti linearne regresije.



Sl. 8: Odnos utvrđene AST korelacije i idealnog regresijskog pravca AMS uređaja Siemens ULTRAMAT 23 za mjerenje O<sub>2</sub> u suhim dimnim plinovima

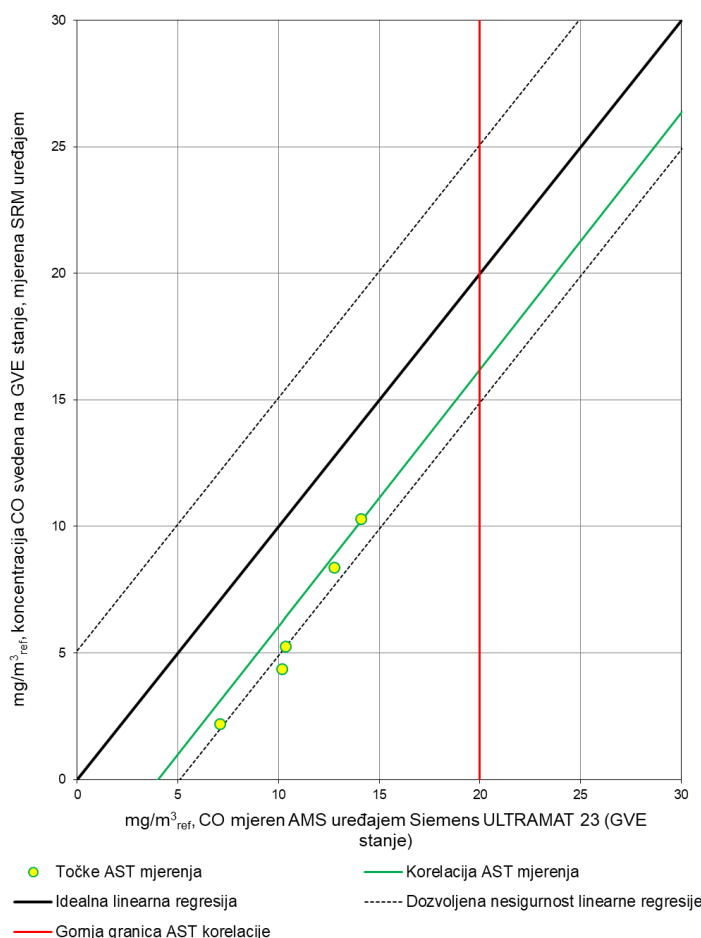
Tab. 10: Test varijabilnosti i test valjanosti linearne regresije AMS uređaja Siemens ULTRAMAT 23 za mjerenje O<sub>2</sub> u suhim dimnim plinovima

AMS = a <sub>QAL2</sub> + b <sub>QAL2</sub> · AMS <sub>old</sub> AMS = min + $\frac{max - min}{16 \text{ mA}}$ · (x - 4 mA)				AST test varijabilnosti				AST test valjanosti linearne regresije		
a <sub>QAL2</sub>	b <sub>QAL2</sub>	min	max	s <sub>D</sub>	σ <sub>0</sub>	k <sub>v</sub>	1,5 · σ <sub>0</sub> · k <sub>v</sub>	D <sub>sr</sub>   ≤ $\frac{t_{0,95;(N-1)} \cdot S_D}{\sqrt{N}} + \sigma_0$		
%sdp	-	%sdp	%sdp	0,02	1,07	0,92	1,47	D <sub>sr</sub>	t <sub>0,95;(N-1)</sub>	$\frac{t_{0,95;(N-1)} \cdot S_D}{\sqrt{N}} + \sigma_0$
0	1	0	21	<b>Zadovoljava</b>				<b>Zadovoljava</b>		

Kao što se vidi iz tab. 10, AMS uređaj Siemens ULTRAMAT 23 za mjerenje O<sub>2</sub> u suhim dimnim plinovima uspješno prolazi testove varijabilnosti i valjanosti linearne regresije. Postojeći regresijski pravac je valjan u rasponu od 0 %sdp do 6,5 %sdp. Ovaj raspon, utvrđen tijekom prošlog umjeravanja (QAL2), veći je od valjanog raspona mjerenja utvrđenog tijekom AST-a.

### 3.1.4. Mjerenje CO uređajem Siemens ULTRAMAT 23

Na sl. 9 je prikazan odnos idealnog regresijskog pravca (AMS = SRM) i korelacije utvrđene na temelju rezultata pet (M1-M5) valjanih paralelnih mjerenja i jedne dodatne, tzv. surogat točke. U tab. 11 su dani rezultati testova varijabilnosti i valjanosti linearne regresije.



Sl. 9: Odnos utvrđene AST korelacije i idealnog regresijskog pravca AMS uređaja Siemens ULTRAMAT 23 za mjerenje CO u suhim dimnim plinovima

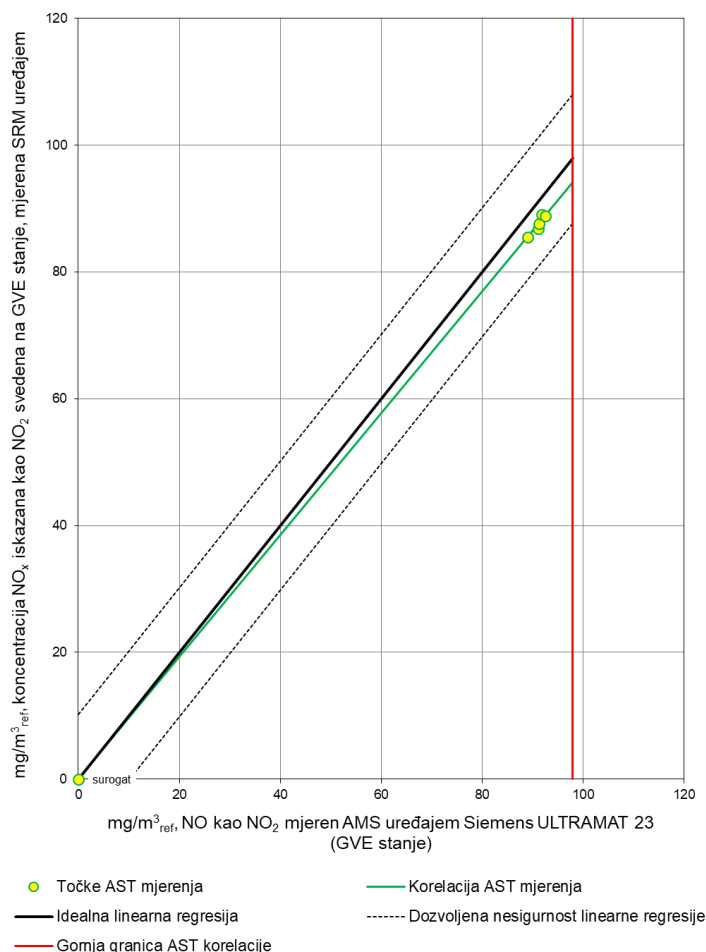
Tab. 11: Test varijabilnosti i test valjanosti linearne regresije AMS uređaja Siemens ULTRAMAT 23 za mjerenje CO u suhim dimnim plinovima

AMS = $a_{\text{QAL2}} + b_{\text{QAL2}} \cdot \text{AMS}_{\text{old}}$ AMS = $\min + \frac{\max - \min}{16 \text{ mA}} \cdot (x - 4 \text{ mA})$				AST test varijabilnosti				AST test valjanosti linearne regresije		
				$s_D \leq 1,5 \cdot \sigma_0 \cdot k_v$				$ D_{\text{SR}}  \leq \frac{t_{0,95;(N-1)} \cdot s_D}{\sqrt{N}} + \sigma_0$		
$a_{\text{QAL2}}$	$b_{\text{QAL2}}$	min	max	$s_D$	$\sigma_0$	$k_v$	$1,5 \cdot \sigma_0 \cdot k_v$	$ D_{\text{SR}} $	$t_{0,95;(N-1)}$	$\frac{t_{0,95;(N-1)} \cdot s_D}{\sqrt{N}} + \sigma_0$
mg/m <sup>3</sup> <sub>sdp</sub>	-	mg/m <sup>3</sup> <sub>sdp</sub>	mg/m <sup>3</sup> <sub>sdp</sub>	<b>0,76</b>	5,10	0,92	<b>7,01</b>	<b>4,78</b>	2,13	<b>5,83</b>
0	1	0	400	<b>Zadovoljava</b>				<b>Zadovoljava</b>		

Kao što se vidi iz tab. 11, AMS uređaj Siemens ULTRAMAT 23 za mjerenje CO u suhim dimnim plinovima uspješno prolazi testove varijabilnosti i valjanosti linearne regresije. Postojeći regresijski pravac je valjan u rasponu od 0 mg/m<sup>3</sup><sub>ref</sub> do 20 mg/m<sup>3</sup><sub>ref</sub>. Ovaj raspon jednak je valjanom rasponu mjerenja utvrđenog tijekom prošlog umjeravanja (QAL2).

### 3.1.5. Mjerenje NO<sub>x</sub> uređajem Siemens ULTRAMAT 23

Na sl. 10 je prikazan odnos idealnog regresijskog pravca (AMS = SRM) i korelacije utvrđene na temelju rezultata pet (M1-M5) valjanih paralelnih mjerenja i jedne dodatne, tzv. surogat točke. U tab. 12 su dani rezultati testova varijabilnosti i valjanosti linearne regresije.



Sl. 10: Odnos utvrđene AST korelacije i idealnog regresijskog pravca AMS uređaja Siemens ULTRAMAT 23 za mjerenje NO<sub>x</sub> u suhim dimnim plinovima

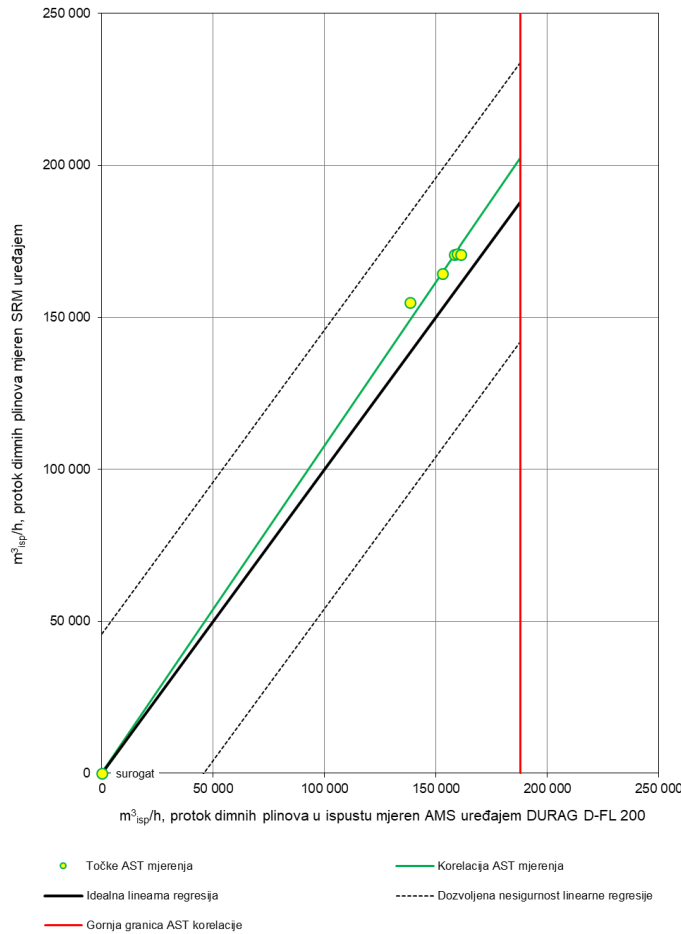
Tab. 12: Test varijabilnosti i test valjanosti linearne regresije AMS uređaja Siemens ULTRAMAT 23 za mjerenje NO<sub>x</sub> (NO<sub>x</sub> kao NO) u suhim dimnim plinovima

AMS = a <sub>QAL2</sub> + b <sub>QAL2</sub> · AMS <sub>old</sub> AMS = min + $\frac{max - min}{16 \text{ mA}}$ · (x - 4 mA)				AST test varijabilnosti				AST test valjanosti linearne regresije		
a <sub>QAL2</sub>	b <sub>QAL2</sub>	min	max	s <sub>D</sub>	σ <sub>0</sub>	k <sub>v</sub>	1,5 · σ <sub>0</sub> · k <sub>v</sub>	D <sub>sr</sub>   ≤ $\frac{t_{0,95;(N-1)} \cdot S_D}{\sqrt{N}} + \sigma_0$		
mg/m <sup>3</sup> <sub>sdp</sub>	-	mg/m <sup>3</sup> <sub>sdp</sub>	mg/m <sup>3</sup> <sub>sdp</sub>	s <sub>D</sub>	σ <sub>0</sub>	k <sub>v</sub>	1,5 · σ <sub>0</sub> · k <sub>v</sub>	D <sub>sr</sub>	t <sub>0,95;(N-1)</sub>	$\frac{t_{0,95;(N-1)} \cdot S_D}{\sqrt{N}} + \sigma_0$
0	1	0	2 000	0,48	10,20	0,92	14,02	3,58	2,13	10,66
<b>Zadovoljava</b>								<b>Zadovoljava</b>		

Kao što se vidi iz tab. 12, AMS uređaj Siemens ULTRAMAT 23 za mjerenje NO<sub>x</sub> kao NO u suhim dimnim plinovima uspješno prolazi testove varijabilnosti i valjanosti linearne regresije. Postojeći regresijski pravac je valjan u rasponu od 0 mg/m<sup>3</sup><sub>ref</sub> do 98 mg/m<sup>3</sup><sub>ref</sub>. Ovaj raspon, utvrđen tijekom AST postupka, veći je od raspona mjerenja (0 mg/m<sup>3</sup><sub>ref</sub> do 93 mg/m<sup>3</sup><sub>ref</sub>) utvrđenog tijekom prošlog umjeravanja (QAL2).

### 3.1.6. Mjerenje brzine i protoka uređajem DURAG D-FL 200

Na sl. 11 je prikazan odnos idealnog regresijskog pravca (AMS = SRM) i korelacije utvrđene na temelju rezultata pet (M1-M5) valjanih paralelnih mjerenja i jedne dodatne, tzv. surogat točke. U tab. 13 su dani rezultati testova varijabilnosti i valjanosti linearne regresije.



Sl. 11: Odnos utvrđene AST korelacije i idealnog regresijskog pravca AMS uređaja DURAG D-FL 200 za mjerenje brzine i protoka dimnih plinova

Tab. 13: Test varijabilnosti i test valjanosti linearne regresije AMS uređaja DURAG D-FL 200 za mjerenje brzine i volumnog protoka dimnih plinova

$AMS = a_{QAL2} + b_{QAL2} \cdot AMS_{old}$ $AMS = a_0 + a_1 \cdot Q$				AST test varijabilnosti				AST test valjanosti linearne regresije		
				$s_D \leq 1,5 \cdot \sigma_0 \cdot k_v$				$ D_{sr}  \leq \frac{t_{0,95;(N-1)} \cdot s_D}{\sqrt{N}} + \sigma_0$		
$a_{QAL2}$	$b_{QAL2}$	$a_0$	$a_1$	$s_D$	$\sigma_0$	$k_v$	$1,5 \cdot \sigma_0 \cdot k_v$	$ D_{sr} $	$t_{0,95;(N-1)}$	$\frac{t_{0,95;(N-1)} \cdot s_D}{\sqrt{N}} + \sigma_0$
$m^3_{isp}/h$	-	$m^3_{isp}/h$	-	2 683	45 845	0,92	62 995	12 246	2,13	48 403
0	1,08897	0	1,0023	Zadovoljava				Zadovoljava		

Kao što se vidi iz tab. 13, AMS uređaj DURAG D-FL 200 za mjerenje brzine i volumnog protoka dimnih plinova uspješno prolazi testove varijabilnosti i valjanosti linearne regresije. Postojeći regresijski pravac je valjan u rasponu od 0  $m^3_{isp}/h$  do 187 847  $m^3_{isp}/h$ . Ovaj raspon, utvrđen tijekom AST postupka, veći je od raspona mjerenja (0  $m^3_{isp}/h$  do 181 081  $m^3_{isp}/h$ ) utvrđenog tijekom prošlog umjeravanja (QAL2).

## 4. ZAKLJUČAK

Godišnja provjera uređaja za kontinuirano mjerenje emisija u zrak iz ispusta bloka 45 MW TE-TO Osijek provedena je sukladno postupku AST norme HRN EN 14181:2014. Kako bi se osigurala potrebna kvaliteta mjerenja AST postupak obuhvaća: funkcionalnu provjeru mjernih uređaja, test varijabilnosti i test valjanosti linearne regresije temeljem rezultata paralelnih mjerenja.

Temeljna zadaća godišnje provjere kvalitete mjerenja AST postupkom zasniva se na provođenju testa valjanosti linearne regresije kojim se utvrđuje zadovoljava li utvrđena korelacija mjerenja zakonom propisano odstupanje od idealnog regresijskog pravca (AMS = SRM) i provođenju testa varijabilnosti kojim se utvrđuje zadovoljava li AMS uređaj zakonom propisanu mjernu nesigurnost.

Rezultati godišnje provjere uređaja automatskog mjernog sustava dani su u tab. 14.

Tab. 14: Rezultati godišnje provjere uređaja AMS bloka 45 MW TE-TO Osijek

Mjerena veličina	Postojeće postavke sustava	Napomena
Vlažnost plinova $H_2O$	$H_2O = 11,48 + \frac{56,56 \cdot q_p}{11,614 \cdot q_p + 13\,666 \cdot q_m}$	Postojeći algoritam za izračun vlažnosti dimnih plinova u emisijskom računalu DURAG D-EMS 2020 se može zadržati.
Temperatura dimnih plinova $\vartheta$	Minimum: 0 °C Maksimum: 581,7 °C	Uređaj zadovoljava AST.
Kisik $O_2$	Minimum: 0 % Maksimum: 21 %	Uređaj zadovoljava AST.
Ugljikov monoksid $CO$	Minimum: 0 mg/m <sup>3</sup> Maksimum: 400 mg/m <sup>3</sup>	Uređaj zadovoljava AST.
Dušikovi oksidi $NO_x$ kao $NO$	Minimum: 0 mg/m <sup>3</sup> Maksimum: 2 000 mg/m <sup>3</sup> $NO_x = 1,53 \cdot NO$	Uređaj zadovoljava AST.
Protok dimnih plinova $Q$	Minimum: 0 m <sup>3</sup> /h Maksimum: 500 000 m <sup>3</sup> /h $Q_{cal} = Q \cdot 1,0023$	Uređaj zadovoljava AST.

## **KRATICE I INDEKSI**

AMS	engl. <i>Automated Measuring System</i> , Automatski Mjerni Sustav ili sustav za kontinuirano mjerenje emisije u zrak, isto što i CEMS.
CEMS	sustav za kontinuirano mjerenja emisija u zrak (engl. <i>Continuous Emissions Monitoring System</i> ), isto što i AMS.
$C_{ref}$	emisija (općenito, bilo koja emisijska veličina) svedena na volumen suhih plinova kod referentnog udjela $O_2$ u suhim plinovima pri 0 °C i 1013,25 hPa.
HAA	Hrvatska Akreditacijska Agencija.
$m^3$	metar kubni.
$m^3_{isp}$	normi $m^3$ koji se odnosi na stanje u ispustu, odnosno $m^3$ kod tlaka i temperature u ispustu.
$m_n^3$	normirani $m^3$ , predstavlja količinu (broj molekula) idealnog plina koja kod 273,15 K (0 °C) i 1013,25 hPa bar zauzima volumen od 1 $m^3$ .
$m_n^3_{sdp}$	normirani $m^3$ koji se odnosi na suhe plinove pri sadržaju $O_2$ mjenom u ispustu.
$m_n^3_{vdp}$	normirani $m^3$ koji se odnosi na vlažne plinove pri sadržaju $O_2$ mjenom u ispustu.
$m^3_{vdp}$	$m^3$ koji se odnosi na vlažne plinove pri sadržaju $O_2$ mjenom u ispustu.
$m^3_{ref}$	normirani $m^3$ koji se odnosi na suhe plinove pri referentnom sadržaju $O_2$ - odnosno $m^3$ sveden na referentne uvjete plinova prema <i>Uredbi o graničnim vrijednostima emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora</i> („Narodne novine“ 87/2017). Na primjer, za parne kotlove bloka 45 MW TE-TO Osijek $m^3$ pri referentnom stanju ( $m^3_{ref}$ ) se odnosi na volumen suhih plinova kod referentnog $O_2$ od 3 % pri 0 °C i 1013,25 hPa.
%	volumni udio iskazan u postotku.
% <sub>sdp</sub>	volumni udio u suhom plinu pri sadržaju $O_2$ mjenom u ispustu iskazan u postotku.
% <sub>vdp</sub>	volumni udio u vlažnom plinu pri sadržaju $O_2$ mjenom u ispustu iskazan u postotku.
ppm	engl. <i>parts per million</i> , udio u milijun, ovdje se radi o volumnom udjelu, 1 ppm = 10 <sup>-4</sup> %.
SL	engl. <i>scattered light</i> , raspršena svjetlost.
SRM	engl. <i>Standard Reference Method</i> , Standardna Referentna Metoda.

in-situ	lat. <i>in situ</i> ; engl. <i>in place</i> , na samom mjestu, analiza otpadnih plinova pri kojoj je analizator smješten na mjestu uzorkovanja (na kanalu, ispustu) a mjerenje se provodi direktno u mjerenoj tvari, bilo u točki, liniji ili djelu volumena unutar kanala (ispusta).
$s_D$	standardna devijacija razlika vrijednosti izmjerenih AMS i SRM uređajima.
$\sigma_0$	mjerna nesigurnost iskazana kao standardna devijacija.
$k_v$	$k_v = \sqrt{\frac{\chi_{0,5;(N-1)}^2}{N-1}}$ , gdje je $\chi_{0,5;(N-1)}^2$ varijabla hi-kvadrat razdiobe za vjerojatnost 50 % i $N-1$ stupnjeva slobode, a $N$ je broj paralelnih mjerenja (AMS i SRM).
$D_{sr}$	srednja vrijednost razlika između vrijednosti izmjerenih AMS i SRM uređajima.
$t_{0,95;(N-1)}$	varijabla (jednostrane) Studentove razdiobe za vjerojatnost 95 % i $N-1$ stupnjeva slobode, gdje je $N$ broj paralelnih mjerenja (AMS i SRM).

## **POJMOVNIK**

- umjeravanje** Prema *Međunarodnom mjeriteljskom rječniku (International vocabulary of metrology - Basic and general concepts and associated terms (VIM), Joint Committee for Guides on Metrology-200:2008)* umjeravanje je radnja kojom se pod određenim uvjetima u prvome koraku uspostavlja odnos između vrijednosti veličine s mjernim nesigurnostima koje daju mjerni etaloni i odgovarajućih pokazivanja kojima su pridružene mjerne nesigurnosti, a u drugome koraku ti se podatci upotrebljavaju za uspostavljanje odnosa za dobivanje mjernog rezultata iz pokazivanja. Umjeravanje je pojam koji se povezuje s pojmom mjerne sljedivosti, budući da se ona ostvaruje neprekinutim lancem umjeravanja. Prema međunarodnoj normi HRN EN ISO/IEC 17025, sva oprema koja se upotrebljava za ispitivanja i/ili umjeravanja, uključujući opremu za pomoćna mjerenja (npr. okolišnih uvjeta) koja ima važan učinak na točnost ili valjanost rezultata ispitivanja, umjeravanja ili uzorkovanja mora se prije stavljanja u rad umjeriti. Umjeravanje mjerila provodi se mjernim etalonima, tj. mjerilima koja služe kao referenca za utvrđivanje vrijednosti veličina i pridružene mjerne nesigurnosti za dodjelu mjernih rezultata druge veličine iste vrste, uspostavljujući mjeriteljsku sljedivost. Mjerni etalon precizniji je od mjerila, na višoj je razini hijerarhijske ljestvice sljedivosti i ima manju mjernu nesigurnost od mjerila koja se njime umjeravaju. Umjeravanjem mjerila se dobije informacija koliko uređaj odstupa od vrijednosti koja bi se dobila mjerenjem s primarnim etalom (etalon prema kojemu se ostvaruje sljedivost, tj. kojemu je mjerna nesigurnost jednaka nuli), a ovisno o uređaju i druge važne informacije za utvrđivanje kako se pokazivanje mjerila može dovesti u vezu s primarnim etalom (npr. informacija o odklonu termometra). Laboratoriji koji provode umjeravanja nazivaju se umjernim laboratorijima (engl. *calibration laboratories*), a razlikuju se nacionalni umjerni laboratoriji, koji su dužni osigurati sljedivost mjernih veličina na nacionalnoj razini, i ostali umjerni laboratoriji kojima je glavna uloga ostvarivanje sljedivosti za mjerenja koja provode Laboratorij za mjerenje emisija.
- ugađanje** Ugađanje ne treba brkati s umjeravanjem. Ugađanje se često pogrešno naziva samoumjeravanjem (engl. *self-calibration*) ili ovjeravanjem umjeravanja (engl. *verification of calibration*). Događa se da je neke instrumente prije puštanja u pogon potrebno postaviti kako bi se uopće moglo provesti mjerenje. U tom smislu, uobičajeno se u govoru kaže da se instrument „kalibrira“ (ponekad se čak koristi i riječ „baždari“). Međutim, ovakvo postavljanje instrumenta u rad nije umjeravanje, budući da nema uspostavljanja nikakvog odnosa između vrijednosti veličine s mjernim nesigurnostima. Ponekad se pri takvom postavljanju koriste odgovarajući (certificirani) referentni materijali, ali ni u tom slučaju nije riječ o umjeravanju, nego o nužnom postupku postavljanja instrumenta u rad, da bi se on mogao pripremiti za mjerenja koja daju primjerene rezultate.
- varijabilnost** Varijabilnost je standardna devijacija razlika između umjerenih vrijednosti AMS uređaja i SRM uređajem izmjerenih vrijednosti. Varijabilnost se računa samo za parove vrijednosti izmjerenih tijekom paralelnih mjerenja, a surogat točke ili druge vrijednosti korištene tijekom određivanja funkcije umjeravanja ne uzimaju se u obzir.



# **PRILOG A**

Izveštaj o mjerenju emisija iz ispusta bloka 45 MW TE-TO Osijek, EKONERG -  
Laboratorij za mjerenje emisija, izvještaj L-I-02-2234\_13/25, 28. veljače 2025.



**IZVJEŠTAJ O MJERENJU  
EMISIJA IZ ISPUSTA BLOKA  
45 MW TE-TO OSIJEK**



**Zagreb, 2025.**





**EKONERG d.o.o.** ♦ Odjel za mjerenja i analitiku  
Laboratorij za mjerenje emisija, Koranska 5, HR-10000 Zagreb  
Tel: +385 (0)1 6000-111; Faks: +385 (0)1 6171-560



Naručitelj: **HEP PROIZVODNJA d.o.o.**  
Sektor za termoelektrane  
Pogon TE-TO Osijek  
Martina Divalta 203  
31000 Osijek

Ugovor br.: U2700-42/24

Radni nalog: I-02-2234\_13/25

Oznaka izvještaja: L-I-02-2234\_13/25

Plan mjerenja: L-I-02-2234\_13/25-P

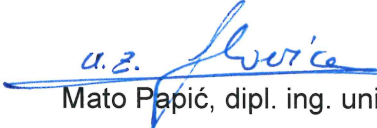
Naslov:

### IZVJEŠTAJ O MJERENJU EMISIJA IZ ISPUSTA BLOKA 45 MW TE-TO OSIJEK

Ispitivanja proveli: Andrej Slavica, mag. ing. mech.  
Darko Glückselig, teh.  
Antonijo Škvorić, teh.

Izvještaj izradio: Andrej Slavica, mag. ing. mech.

Voditelj Laboratorija za mjerenje emisija:

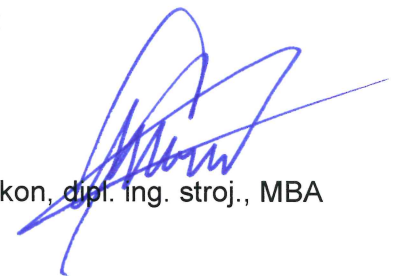
  
Mato Papić, dipl. ing. univ. spec.

Direktor Odjela za mjerenje i analitiku:



Bojan Abramović, dipl. ing. stroj.

Direktor:



Elvis Cukon, dipl. ing. stroj., MBA

Zagreb, 27. 2. 2025.





## **SADRŽAJ**

<b>1. OSNOVNI PODATCI O IZVOĐAČU MJERENJA.....</b>	<b>2</b>
<b>2. OSNOVNI PODATCI I TEHNIČKE ZNAČAJKE IZVORA ONEČIŠĆENJA .....</b>	<b>2</b>
<b>3. OPSEG MJERENJA .....</b>	<b>2</b>
<b>4. PRIMIJENJENE METODE I MJERNI UREĐAJI .....</b>	<b>3</b>
4.1. MJERENJE SASTAVA PLINOVA.....	3
4.2. ODREĐIVANJE VOLUMNOG UDJELA VODENE PARE.....	4
4.3. MJERENJE BRZINE PLINOVA .....	4
4.4. MJERENJE TEMPERATURE PLINOVA .....	4
4.5. TLAK PLINOVA U ISPUSTU .....	4
4.6. BAROMETARSKI TLAK I TEMPERATURA OKOLINE .....	4
<b>5. REŽIMI RADA ZA VRIJEME MJERENJA.....</b>	<b>5</b>
<b>6. REZULTATI MJERENJA .....</b>	<b>5</b>

## **PRILOG**

B. Plan mjerenja.



## 1. OSNOVNI PODATCI O IZVOĐAČU MJERENJA

Mjerenje emisija u zrak iz ispusta bloka 45 MW TE-TO Osijek proveo je *Laboratorij za mjerenje emisija* tvrtke EKONERG d.o.o.

EKONERG d.o.o., *Odjel za mjerenja i analitiku, Laboratorij za mjerenje emisija* akreditirani je ispitni laboratorij prema normi HRN EN ISO/IEC 17025:2017 od strane *Hrvatske akreditacijske agencije* u području opisanom u prilogu *Potvrde o akreditaciji br. 1194*. Rješenjem *Ministarstva zaštite okoliša i energetike*<sup>1</sup> od 12. lipnja 2019. godine, EKONERG-u je dozvoljeno obavljanje provjere ispravnosti mjernih sustava za kontinuirano mjerenje emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora sukladno zahtjevima norme HRN EN 14181 za 10 referentnih metoda ([mzozt.gov.hr](http://mzozt.gov.hr)).

## 2. OSNOVNI PODATCI I TEHNIČKE ZNAČAJKE IZVORA ONEČIŠĆENJA

Blok 45 MW je kogeneracijski blok Termoelektrane-toplane Osijek (TE-TO Osijek) kojeg čine parni kotlovi WBK 1 i WBK 2 te kondenzacijsko-oduzimna parna turbina s generatorom (nazivne električne snage 45 MW). Visokotlačni parni kotlovi WBK 1 i WBK 2 maksimalne proizvodne pregrijane pare 2 · 125 t/h (temperature 515 °C i pretlaka 87 bar) su ekranske izvedbe s prirodnom cirkulacijom i pretlačnim loženjem. Svaki kotao ima 4 plamenika s niskom razinom emisije dušikovih oksida (engl. *Low NO<sub>x</sub> Burners* - LNB) koji kao gorivo mogu koristiti prirodni plin ili plinsko ulje. Dimni plinovi bloka 45 MW ispuštaju se kroz zajednički betonski dimnjak visine 120 m.

Osnovni podatci i tehničke značajke izvora onečišćenja dobiveni su od osoblja postrojenja TE-TO Osijek, odnosno navedeni su prema *Rješenju o izmjeni i dopuni uvjeta okolišne dozvole za postojeće postrojenje TE-TO Osijek (kolovoz 2024.)*.

## 3. OPSEG MJERENJA

Svrha mjerenja emisija onečišćujućih tvari u zrak je godišnja provjera uređaja automatskog mjernog sustava (Automatski Mjerni Sustav - AMS; engl. *Automated Measuring System*) za kontinuirano mjerenje emisija koji iz ispusta bloka 45 MW mjere: masenu koncentraciju krutih čestica (PM), brzinu (protok), temperaturu plinova, O<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO.<sup>2</sup>

Godišnja provjera AMS uređaja provodi se sukladno normi HRN EN 14181:2014 prema postupku AST (engl. *Annual Surveillance Test*) na temelju usporedbe rezultata paralelnih mjerenja AMS uređaja i kontrolnih mjerenja *Laboratorija za mjerenje emisija* koja su provedena standardnim referentnim metodama (engl. *Standard Reference Method* - SRM).

Kod stanja u ispustu mjerena je: masena koncentracija krutih čestica (PM, mg/m<sup>3</sup>), temperatura plinova (θ, °C), tlak plinova (p, hPa), brzina plinova (v, m/s) te su proračunski dobivene vrijednosti volumnog sadržaja vodene pare (H<sub>2</sub>O, %), a u suhim plinovima je mjereno: volumni udio kisika (O<sub>2</sub>, %), volumni udio ugljikovog dioksida (CO<sub>2</sub>, %), volumni udio ugljikovog monoksida (CO, ppm), volumni udio dušikovih oksida (NO<sub>x</sub>, ppm) i volumni udio sumporovog dioksida (SO<sub>2</sub>, ppm).

<sup>1</sup> Temeljem članka 34. i članka 35. *Zakona o ustrojstvu i djelokrugu tijela državne uprave* („Narodne novine“, broj 85/20), od 22. srpnja 2020. *Ministarstvo zaštite okoliša i energetike* nastavlja s radom kao *Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja*. Temeljem članka 15. *Zakona o ustrojstvu i djelokrugu tijela državne uprave* („Narodne novine“, broj 57/2024), od 16. svibnja 2024. *Ministarstvo zaštite okoliša i zelene tranzicije* preuzima poslove iz djelokruga dosadašnjeg *Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja*.

<sup>2</sup> Uređaji za mjerenje SO<sub>2</sub> i masene koncentracije krutih čestica nisu u funkciji ako kotlovi kao gorivo koriste isključivo prirodni plin.





## 4. PRIMIJENJENE METODE I MJERNI UREĐAJI

Metode i oprema korištena tijekom mjerenja emisija onečišćujućih tvari u zrak dani su u tab. 1. Mjerno mjesto, mjerni presjek i mjerni priključci u kojima su provedena mjerenja zadovoljavaju zahtjeve norme HRN EN 15259. Izgled mjernog mjesta i priključaka za kontrolna mjerenja, oblik i dimenzije mjernog presjeka, broj mjernih linija te raspored mjernih točki po mjernoj ravnini ispusta dimnih plinova dan je u **Prilogu B**.

Tab. 1: Metode i glavna oprema korištena pri mjerenju

Mjerena veličina	Metoda uzorkovanja	Metoda mjerenja	Glavna korištena oprema
$O_2^*$	HRN EN 15259:2008	HRN EN 14789:2017	Grijana glava sa sondom za uzorkovanje i grijano crijevo (lab. oznaka E.U. 29.2), hladnjak M&C PSS-5 (lab. oznaka E.U. 29.3), analizator HORIBA PG-350E (lab. oznaka E.U. 29.1).
$SO_2^*$		HRN ISO 7935:1997	
$CO^*$		HRN EN 15058:2017	
$CO_2^*$		HRN ISO 12039:2020	
$NO_x^*$		HRN EN 14792:2017	
brzina i protok*		HRN EN ISO 16911-1:2013	SICK GRAVIMAT SHC 501 (lab. oznaka E.U. 26.1).
temperatura*		interna metoda eLAB-PE-106	Otporni Pt100 osjetnik u sklopu SICK GRAVIMAT-a SHC 501 (lab. oznaka E.U. 26.1), termoelement tipa K u sklopu sonde za uzorkovanje otpadnih plinova (lab. oznaka E.U. 1.3.4) spojen na ALMEMO 2590-4S (lab. oznaka E.U. 21.1).
temperatura okoline		interna metoda eLAB-PE-106	ALMEMO 2590-4S (lab. oznaka E.U. 21.1) i NTC temperaturni osjetnik (lab. oznaka E.U. 21.7).
tlak u ispustu			Osjetnici tlaka u sklopu SICK GRAVIMAT-a SHC 501 (lab. oznaka E.U. 26.1).
tlak okoline			Barometar u sklopu SICK GRAVIMAT-a SHC 501 (lab. oznaka E.U. 26.1).

\* Akreditirane metode Laboratorija za mjerenje emisija

### 4.1. MJERENJE SASTAVA PLINOVA

Analizator HORIBA PG-350E mjeri volumne udjele  $CO$ ,  $CO_2$  i  $SO_2$  metodom nedisperzivne infracrvene apsorpcije (engl. *non-dispersive infrared method* - NDIR), dok se mjerenje volumnog udjela  $NO_x$  provodi metodom kemijske luminiscencije. Volumni udjel  $O_2$  mjereno je paramagnetskom metodom. Analizator dimnih plinova HORIBA PG-350 prikazan je na sl. 1.



Sl. 1: Višekomponentni analizator dimnih plinova HORIBA PG-350



Provjera analizatora plinova HORIBA PG-350E referentnim plinovima vršena je dva puta, prije i nakon serije mjerenja.

#### 4.2. ODREĐIVANJE VOLUMNOG UDJELA VODENE PARE

Volumni udio vodene pare (vlage) u dimnim plinovima ( $H_2O$ ) izračunat je prema internoj metodi *eLAB-PE-108 Računsko određivanje vlage*. U sklopu ulaznih veličina izračuna korišteni su: izmjerene vrijednosti volumnih koncentracija  $O_2$  u suhim dimnim plinovima, prikupljeni podatci o temperaturi, tlaku i relativnoj vlažnosti zraka<sup>3</sup> te izvještaj o kvaliteti prirodnog plina distribucijskog sustava tvrtke PLINACRO d.o.o. ([www.plinacro.hr](http://www.plinacro.hr)).

#### 4.3. MJERENJE BRZINE PLINOVA

Mjerenja brzine plinova u 20 točaka poprečnog mjernog presjeka provedena su prema normi HRN EN ISO 16911-1:2013 uređajem SICK GRAVIMAT (lab. oznaka E.U. 26.1) u čijoj sondi je integrirana Pitot sonda sa tri otvora za određivanje brzine strujanja i kuta nastrujavanja.

#### 4.4. MJERENJE TEMPERATURE PLINOVA

Mjerenja temperature plinova u 20 točaka poprečnog mjernog presjeka provedena su prema akreditiranoj internoj metodi *eLAB-PE-106 Mjerenje temperature u kanalu otpadnih plinova* otpornim termoelementom Pt100 koji je integriran u sondi uređaja SICK GRAVIMAT (lab. oznaka E.U. 26.1).

#### 4.5. TLAK PLINOVA U ISPUSTU

Tlak plinova ( $p$ , hPa) u mjernom presjeku određen je prema sljedećoj jednadžbi:

$$p = (p_{10} + p_0) - \frac{\rho \cdot v^2}{200}, \quad (1)$$

gdje je:

- $v$ , m/s; brzina dimnih plinova u ispuštu mjerena SICK GRAVIMAT-om SHC 501,
- $p_{10}$ , hPa; totalni pretlak mjerena SICK GRAVIMAT-om SHC 501,
- $p_0$ , hPa; barometarski tlak mjerena SICK GRAVIMAT-om SHC 501,
- $\rho$ , kg/m<sup>3</sup>; gustoća vlažnih dimnih plinova kod stanja u ispuštu. Gustoća je funkcija od sastava vlažnih dimnih plinova te tlaka ( $p$ ) i temperature ( $\vartheta$ ) u ispuštu.

Gustoća vlažnih dimnih plinova određena je na temelju izmjerenih veličina ( $p_{10}$ ,  $p_0$ ,  $\vartheta$ ) SICK GRAVIMAT-om SHC 501, analizatorom PG-350E izmjerenog volumnog sastava suhih dimnih plinova ( $O_2$ ,  $CO_2$ , ostatak  $N_2$ ) i izračunatog volumnog udjela vodene pare u dimnim plinovima ( $H_2O$ ).

#### 4.6. BAROMETARSKI TLAK I TEMPERATURA OKOLINE

Barometarski tlak ( $p_0$ ) je mjerena uređajem SICK GRAVIMAT SHC 501 (lab. oznaka E.U. 26.1), a temperatura okoline mjerena je NTC osjetnikom (lab. oznaka E.U. 21.7) spojenim na univerzalni mjerni instrument AHLBORN ALMEMO 2590-4S (lab. oznaka E.U. 21.1).

<sup>3</sup> Podatci o stanju okolišnog zraka (temperatura, tlak i relativna vlažnost) prikupljeni su s automatske mjerne postaje *Osijek, ATO - IOSIJE10* (<https://www.wunderground.com>).



## 5. REŽIMI RADA ZA VRIJEME MJERENJA

Emisijska mjerenja iz ispusta dimnih plinova bloka 45 MW provedena su 11. veljače 2025. godine kada je radio samo kotao WBK 2. Sva mjerenja su provedena s pretežno nepromjenjivim uvjetima rada. Popis izvršenih mjerenja, njihovih perioda i zabilježenih pogonskih uvjeta tijekom mjerenja dan je kronološkim redoslijedom u tab. 2.

Tab. 2: Režimi rada bloka 45 MW tijekom provedenih mjerenja

Oznaka mjerenja	Datum i bruto periodi mjerenja			Gorivo	Proizvodnja svježe pare kotla WBK 1 t/h	Proizvodnja svježe pare kotla WBK 2 t/h	Stanje okoline	
	datum	od	do				p hPa	θ °C
M2	5:35	6:43	-	103	1 017	24		
M3	6:49	7:57	-	102	1 017	26		
M4	8:05	9:14	-	98	1 018	26		
M5	16:36	17:44	-	90	1 016	23		

## 6. REZULTATI MJERENJA

11. veljače 2025. godine u ispustu dimnih plinova bloka 45 MW izvršeno je ukupno 5 mjerenja (M1-M5): temperature ( $\theta$ ), tlaka ( $p$ ), brzine dimnih plinova ( $v$ ) te volumnih udjela  $SO_2$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $NO_x$  i  $O_2$  u suhim dimnim plinovima.

Rezultati mjerenja veličina u ispustu i rezultati izračuna sadržaja vlage ( $H_2O$ ) u dimnim plinovima dani su u tab. 3, a rezultati mjerenja sastava suhих dimnih plinova dani su u tab. 4. Uz vrijednosti svih izmjerenih veličina iskazana je proširena mjerna nesigurnost (uz razinu pouzdanosti od 95 %).

U tab. 5 su dani rezultati mjerenja i mjerna nesigurnost rezultata (nivo pouzdanosti 95 %) svedeni na referentne ili tzv. GVE uvjete, odnosno rezultati i mjerna nesigurnost su iskazani za suhe dimne plinove kod normiranog stanja (1013,25 hPa i 0 °C) i 3 % kisika u suhim dimnim plinovima. Svođenje na referentne ili tzv. GVE uvjete vrši se na sljedeći način:

$$C_{\text{ref}} = C_{\text{n,sdp}} \cdot \frac{21 \% - 3 \%}{21 \% - O_2} \quad (2)$$

$$Q_{\text{ref}} = Q \cdot \frac{273,15}{\theta + 273,15} \cdot \frac{p}{1013,25} \cdot \frac{100 \% - H_2O}{100 \%} \cdot \frac{21 \% - O_2}{21 \% - 3 \%} \quad (3)$$

$$Q = v \cdot A, \quad (4)$$

gdje je:

$C_{\text{n,sdp}}$ ; mg/m<sup>3</sup>; izmjerena masena koncentracija emisije ( $SO_2$ ,  $CO$  ili  $NO_x$ ) u suhim dimnim plinovima kod (približno) normiranog stanja (0 °C i 1013,25 hPa),

$C_{\text{ref}}$ ; mg/m<sup>3</sup>; masena koncentracija emisije ( $SO_2$ ,  $CO$  ili  $NO_x$ ) po jedinici volumena suhих dimnih plinova ( $H_2O = 0$  %) kod normiranog stanja (0 °C i 1013,25 hPa) i referentnog volumnog udjela kisika u suhim dimnim plinovima od 3 %,

$Q$ ; m<sup>3</sup>/s; izmjereni volumni protok vlažnih dimnih plinova ( $H_2O$ ) kod temperature ( $\theta$ ), tlaka ( $p$ ) i volumnog udjela kisika ( $O_2$ ) u ispustu,



- $Q_{\text{ref}}$ ; m<sup>3</sup>/s; volumni protok suhих dimni plinova ( $H_2O = 0\%$ ) kod normiranog stanja (0 °C i 1013,25 hPa) i volumnog udjela kisika u suhim dimnim plinovima od 3 %,
- $v$ ; m/s; izmjerena brzina dimnih plinova u ispustu,
- $A$ ; m<sup>2</sup>; površina poprečnog mjernog presjeka zajedničkog ispusta dimnih plinova bloka 45 MW prije spoja s betonskim dimnjakom ( $A = 8,32\text{ m}^2$ ).

Tab. 3: Rezultati mjerenja u mjernom presjeku bloka 45 MW

Mjerenje	$\vartheta^*$	$p$	$v^*$	$H_2O$
	°C	hPa	m/s	%
M1	174 ±1	1 011 ±6	5,4 ±0,7	16,78
M2	174 ±1	1 011 ±6	5,4 ±0,7	16,75
M3	174 ±1	1 011 ±6	5,4 ±0,7	16,69
M4	173 ±1	1 011 ±6	5,2 ±0,7	16,69
M5	168 ±1	1 012 ±6	4,9 ±0,7	16,50

\* Akreditirane metode Laboratorija za mjerenje emisija

Tab. 4: Rezultati mjerenja sastava suhих dimnih plinova

Mjerenje	$O_2^*$	$CO_2^*$	$CO^*$	$NO_x^*$ kao $NO_2$	$SO_2^*$
	%	%	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>
M1	3,01 ±0,63	10,28 ±0,52	10 ±1	88 ±3	< 0,6
M2	3,03 ±0,63	10,29 ±0,52	8 ±1	89 ±3	< 0,6
M3	3,12 ±0,63	10,26 ±0,52	5 ±1	88 ±3	< 0,6
M4	3,16 ±0,63	10,24 ±0,52	4 ±1	86 ±3	< 0,6
M5	3,41 ±0,63	10,08 ±0,52	2 ±1	84 ±2	< 0,6

\* Akreditirane metode Laboratorija za mjerenje emisija

Tab. 5: Rezultati mjerenja svedeni na referentne uvjete

Mjerenje	$Q_{\text{ref}}$	$CO_{\text{ref}}$	$NO_{x\text{ref}}$	$SO_{2\text{ref}}$
	m <sup>3</sup> /s	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>
M1	24,1 ±3,2	10 ±1	88 ±4	< 0,6
M2	24,0 ±3,2	8 ±1	89 ±4	< 0,6
M3	23,9 ±3,2	5 ±1	89 ±4	< 0,6
M4	23,0 ±3,3	4 ±1	87 ±4	< 0,6
M5	21,7 ±3,4	2 ±1	86 ±4	< 0,6





# PRILOG

## B. Plan mjerenja





## **PLAN MJERENJA EMISIJA ONEČIŠĆUJUĆIH TVARI U ZRAK IZ ISPUSTA BLOKA 45 MW TE-TO OSIJEK**

Oznaka plana mjerenja: L-I-02-2234\_13/25-P

Zagreb, 6. 2. 2025.





Naručitelj: **HEP PROIZVODNJA d.o.o.**  
**Sektor za termoelektrane**  
**Pogon TE-TO Osijek**  
Martina Divalta 203  
31000 Osijek

Radni nalog: I-02-2234\_13

Vlasnik izvora: Hrvatska elektroprivreda d.d.  
Ulica grada Vukovara 37  
10000 Zagreb

Objekt: Blok 45 MW TE-TO Osijek (parni kotlovi WBK 1 i WBK 2)

Lokacija: TE-TO Osijek, Ulica Martina Divalta 203

Vrsta mjerenja: emisijska

Svrha: Mjerenja emisija onečišćujućih tvari u zrak iz ispusta bloka 45 MW TE-TO Osijek radi godišnje provjere uređaja za kontinuirano mjerenje emisija prema normi HRN EN 14181:2014.



## **SADRŽAJ**

<b>1. SVRHA MJERENJA.....</b>	<b>13</b>
1.1. NARUČITELJ.....	13
1.2. ODGOVORNE OSOBE NARUČITELJA / VLASNIKA.....	13
1.3. LOKACIJA MJERENJA.....	13
1.4. MJERENA POSTROJENJA.....	13
1.5. PLANIRANI TERMIN I UVJETI MJERENJA.....	13
1.6. OSOBE KOJE ĆE SUDJELOVATI NA MJERENJU.....	15
<b>2. POSTROJENJE.....</b>	<b>15</b>
2.1. OPIS POSTROJENJA.....	15
2.2. SASTAV GORIVA.....	16
2.3. UREĐAJI ZA ODVOĐENJE I SMANJIVANJE EMISIJE OTPADNIH PLINOVA.....	16
<b>3. MJERNA MJESTA.....</b>	<b>17</b>
3.1.1 Mjerni presjek.....	18
<b>4. MJERNE METODE I INSTRUMENTI.....</b>	<b>19</b>
4.1. ODREĐIVANJE STANJA OTPADNIH PLINOVA.....	20
4.1.1 Brzina, tlak i temperatura dimnih plinova.....	20
4.1.2 Vlažnost plinova.....	21
4.2. MJERENJE EMISIJE PLINOVITIH TVARI.....	21



## 1. SVRHA MJERENJA

Svrha mjerenja emisija onečišćujućih tvari u zrak iz ispusta dimnih plinova bloka 45 MW TE-TO je godišnja provjera uređaja automatskog mjernog sustava (engl. *Automated Measuring System - AMS*) prema postupku AST (engl. *Annual Surveillance Test*) norme HRN EN 14181:2014. Pregled AMS uređaja dan je u tab. P 1.

Tab. P 1: Pregled AMS uređaja ispusta dimnih plinova bloka 45 MW

Mjerena veličina		AMS uređaj
Vlažni plinovi (stanje u ispustu)	protok (brzina), $Q$	DURAG D-FL 200 (serijski. br: 1205314)
	temperatura, $\vartheta$	termometar Pt100
	krute čestice, $PM$	SICK OMD 41 (serijski. br: 02488045)
	vlažnost plinova, $H_2O$	izračun u algoritmu emisijskog računala DURAG D-EMS 2020 prema potrošnji prirodnog plina i plinskog ulja
Suhi plinovi (normirano stanje)	ugljikov monoksid, $CO$	ekstraktivni višekomponentni analizatorski sustav Siemens ULTRAMAT 23 (serijski broj: N1MN896)
	dušikov monoksid, $NO$	
	sumporov dioksid, $SO_2$	
	kisik, $O_2$	

### 1.1. NARUČITELJ

HEP PROIZVODNJA d.o.o.  
Sektor za termoelektrane  
Pogon TE-TO Osijek  
Martina Divalta 203  
31000 Osijek

### 1.2. ODGOVORNE OSOBE NARUČITELJA / VLASNIKA

kontakt osoba: Suzana Janković, dipl. ing.  
Koordinator poslova (Zaštita okoliša)  
telefon: 031/243427, 099/8152289  
e-pošta: [suzana.jankovic@hep.hr](mailto:suzana.jankovic@hep.hr)

### 1.3. LOKACIJA MJERENJA

TE-TO Osijek, Ulica Martina Divalta 203, 31000 Osijek.

### 1.4. MJERENA POSTROJENJA

Emisije iz zajedničkog ispusta dimnih plinova bloka 45 MW TE-TO Osijek.

### 1.5. PLANIRANI TERMIN I UVJETI MJERENJA

Prema dogovoru s *Naručiteljem* paralelna mjerenja emisija iz zajedničkog ispusta dimnih plinova bloka 45 MW TE-TO Osijek provesti će se 11. 2. 2025. godine.

Prije planiranog termina mjerenja *Naručitelj* mora osigurati radnu platformu koja zadovoljava zahtjeve norme HRN EN 15259:2008 (za mjerno mjesto na ravnom dijelu zajedničkog dimovodnog kanala prije spoja s betonskim dimnjakom), odnosno treba osigurati mjerno mjesto koje je dovoljno veliko, pristupačno i opremljeno tako da se mjerenja mogu provoditi tehnički odgovarajuće i bez



opasnosti po *Izvođača*. *Naručitelj* će osigurati uvjete za rad *Izvođaču* i van redovnog radnog vremena. *Naručitelj* će osigurati pristup mjernim priključcima i izvore električnog napajanja (220 V, 16 A), a ako će se mjeriti noću osigurat će i odgovarajuću rasvjetu na lokaciji mjerenja.

Prije provedbe godišnje provjere (AST) uređaja automatskih mjernih sustava *Naručitelj* treba uspostaviti nivo osiguranja kvalitete QAL3 (engl. *Quality Assurance Level 3*) kojim dokazuje da održava zahtijevanu kvalitetu mjernih rezultata AMS uređaja. *Naručitelj* mora osigurati provedbu provjere funkcionalnosti svih AMS uređaja prije provođenja godišnje provjere. Tijekom provjere funkcionalnosti potrebno je provesti aktivnosti navedene u tab. P 2.

Tab. P 2: Aktivnosti prilikom ispitivanja funkcionalnosti prije AST

Aktivnost	Ekstraktivni AMS	Ne-ekstraktivni AMS
1. Centriranost i čistoća		X
2. Sistem za uzorkovanje	X	
3. Dokumentacija i zapisi	X	X
4. Lakoća održavanja	X	X
5. Provjera nepropusnosti	X	
6. Provjera nule i raspona	X	X
7. Linearnost	X	X
8. Interferencije	X	X
9. Klizanje nule i raspona (QAL3)	X	X
10. Vrijeme odziva	X	X
11. Izvještaji	X	X

Koordinaciju između *Izvođača* i ovlaštenog servisera na sebe preuzima *Naručitelj*, a zapise o provedenim radovima dati će na raspolaganje *Izvođaču* mjerenja. *Naručitelj* će osigurati i *Izvođaču* dati na raspolaganje podatke o stanju i podešenosti svih mjernih krugova uređaja koji su predmet godišnje provjere (uređaji navedeni u tab. P 1).

Paralelna mjerenja emisija će se provesti pri zatečenim režimima rada bloka 45 MW koja primarno ovise o potražnji toplinske energije, ali prije provođenja svakog pojedinačnog mjerenja *Naručitelj* mora osigurati rad izvora onečišćenja s pretežno nepromjenjivim uvjetima rada. Planiran je rad samo kotla WBK 2 koji će kao gorivo koristiti prirodni plin.

Za svako provedeno mjerenje *Naručitelj* će *Izvođaču* predati minutne vrijednosti svih mjerenih veličina u elektroničkoj formi prikladnoj za daljnju obradu u MS Excel-u (npr. txt ili csv). Podatci koje treba dostaviti iz baze podataka emisijskog računala (DURAG D-EMS 2020) su sljedeći:

1. minutne prosječne vrijednosti analognog signala:

- O<sub>2</sub>, mA,
- CO, mA,
- NO, mA,
- SO<sub>2</sub>, mA,
- Q, mA,
- PM, mA,
- ϑ, mA.



## 2. „sirove“ minutne prosječne vrijednosti:

- h) O<sub>2</sub>, %,
- i) CO, mg/m<sup>3</sup>,
- j) NO, mg/m<sup>3</sup>,
- k) SO<sub>2</sub>, mg/m<sup>3</sup>,
- l) Q, m<sup>3</sup>/h,
- m) PM, mg/m<sup>3</sup>,
- n) H<sub>2</sub>O, %,
- o)  $\vartheta$ , °C.

## 3. „normirane“ minutne prosječne vrijednosti:

- p) CO, mg/m<sup>3</sup><sub>ref</sub>,
- q) NO<sub>x</sub>, mg/m<sup>3</sup><sub>ref</sub>,
- r) SO<sub>2</sub>, mg/m<sup>3</sup><sub>ref</sub>,
- s) Q, m<sup>3</sup><sub>ref</sub>/h,
- t) PM, mg/m<sup>3</sup><sub>ref</sub>.

Također, za svako provedeno mjerenje *Naručitelj* će *Izvođaču* predati prosječne minutne vrijednosti iz sustava Siemens SPPA-T3000 u elektroničkoj formi prikladnoj za daljnju obradu u Excel-u (npr. txt ili csv). Kako je planiran je rad samo kotla WBK 2 koji će kao gorivo koristiti prirodni plin, podaci koje treba dostaviti dani su u tab. P 3.

Tab. P 3: Popis veličina iz procesnog sustava Siemens SPPA-T3000

Cjelina	KKS oznaka	Opis mjerenja	Mjerna jedinica
Kotao WBK 2	A2HAH48CP901  ZQ01	Tlak svjeze pare K2	bar
	A2HAH48CT901  ZQ01	Temp sv p pos prgr II K2	°C
	A2LBA10CF001  ZQ01	Protok svježe pare K2	t/h
	A2HHG00CF901  ZQ01	Ukupni protok plina K2	m <sup>3</sup> /h

**1.6. OSOBE KOJE ĆE SUDJELOVATI NA MJERENJU**

Voditelj tima za mjerenje: Andrej Slavica, mag. ing. mech.  
Darko Glückselig, teh.  
Antonijo Škvorčić, teh.

**2. POSTROJENJE****2.1. OPIS POSTROJENJA**

Termoelektrana-toplana Osijek (TE-TO Osijek) je prvenstveno namijenjena proizvodnji toplinske energije, dok se električna energija proizvodi u spojnom (kogeneracijskom) procesu. Toplinska energija se isporučuje vrelodnim sustavom grada Osijeka za podmirivanje ogrjevnog i sanitarnog konzuma (potrošna topla voda) i parnom sustavu za podmirivanje potrošnje tehnološke pare i parnog grijanja. Električna energija se proizvodi u bloku 45 MW, u dva plinsko-turbinska kogeneracijska bloka (PTA 1 i PTA 2 s jednim kotlom na otpadnu toplinu) i u kogeneracijskoj



elektrani na biomasu (BE-TO Osijek). U sklopu TE-TO Osijek nalazi se i pomoćna kotlovnica koja osigurava grijanje grada Osijeka i opskrbu tehnološkom parom za industrijska postrojenja.

Blok 45 MW je kogeneracijski blok kojeg čine parni kotlovi WBK 1 i WBK 2 te jednoosovinska, kondenzacijsko-oduzimna parna turbina s generatorom (nazivne električne snage 45 MW). Visokotlačni parni kotlovi WBK 1 i WBK 2 maksimalne trajne proizvodne pregrijane pare 2 · 125 t/h (temperature 515 °C i pritlaka 87 bar) su ekranske izvedbe s prirodnom cirkulacijom i pretlačnim loženjem. Svaki kotao ima 4 plamenika s niskom razinom emisije dušikovih oksida (engl. *Low NO<sub>x</sub> Burners* - LNB) koji kao gorivo mogu koristiti prirodni plin ili plinsko ulje.

Dimni plinovi bloka 45 MW ispuštaju se kroz zajednički betonski dimnjak visine 120 m (ispust Z1 prema *Rješenju o objedinjenim uvjetima zaštite okoliša*) koji je prikazan na sl. P 1.



Sl. P 1: Blok 45 MW i zajednički ispust dimnih plinova Z1

## 2.2. SASTAV GORIVA

Parni kotao WBK2 u planiranom terminu mjerenja će kao gorivo koristiti prirodni plin. Laboratorijski izvještaj o sastavu prirodnog plina u čvornoj točki *MRS Osijek I stream 1* treba preuzeti s Internet stranice operatora plinskoga transportnog sustava PLINACRO d.o.o ([www.plinacro.hr](http://www.plinacro.hr)).

## 2.3. UREĐAJI ZA ODVOĐENJE I SMANJIVANJE EMISIJE OTPADNIH PLINOVA

Kotlovi bloka 45 MW opremljeni su plamenicima s niskom razinom emisije dušikovih oksida (engl. *Low NO<sub>x</sub> Burners* - LNB). Radi dodatnog smanjenja emisije dušikovih oksida, kotlovi imaju i sustav recirkulacije (povrata) dijela dimnih plinova u ložište.



### 3. MJERNA MJESTA

Mjerno mjesto nalazi se na ravnom dijelu zajedničkog dimovodnog kanala (približno 15 m od razine tla; vidi sl. P 2) prije spoja s betonskim dimnjakom. Mjernom mjestu (postojećem podestu) se može pristupiti od razine tla putem vertikalnih penjalica, ali za potrebe mjerenja potrebno je izraditi radnu platformu jer postojeći podest nije dovoljno velik za potrebe smještaja i rukovanja mjernom opremom.



Sl. P 2: Izgled radne platforme

Radna platforma treba biti izvedena u skladu sa zahtjevima norme HRN EN 15259:2008, pri čemu posebno treba voditi računa da mjerno mjesto treba biti zaštićeno od padalina, vjeta i prodora hladnoće. Također, u sklopu radne platforme ili postojećeg podesta treba izvesti konzolni nosač za prihvat vitla pomoću kojeg će se transportirati mjerna oprema.

Osim radne platforme koja se nalazi u razini postojećeg podesta, unutar natkrivenog radnog prostora treba biti izvedena među-platforma (vidi sl. P 3) s koje se može pristupiti gornjim



priključcima (2 donja priključka su pristupačna s glave radne platforme, a 2 gornja priključka s među-platforme).

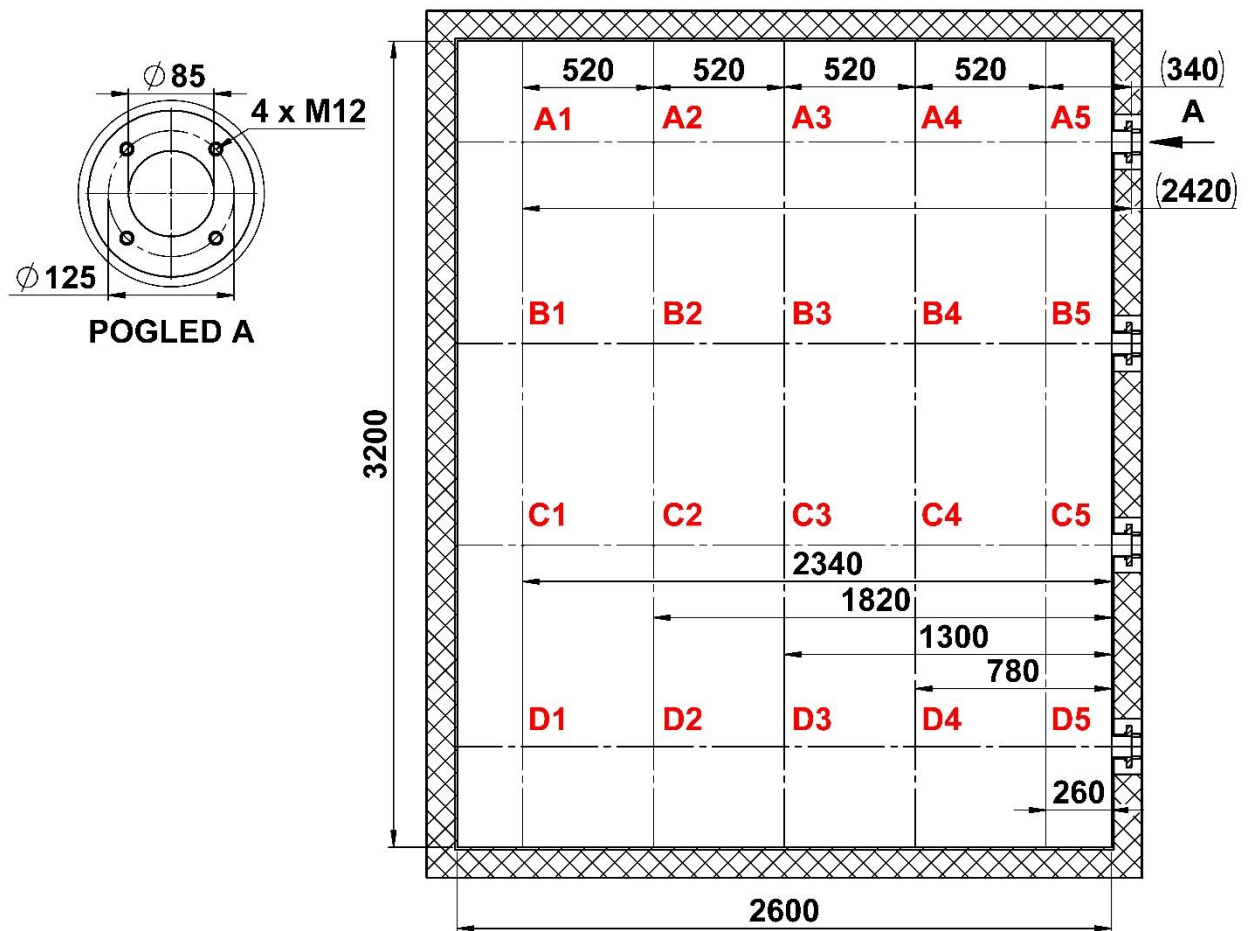


*Sl. P 3: Pogled na mjerne priključke i među-platformu*

### 3.1.1 Mjerni presjek

Mjerni presjek zajedničkog dimovodnog kanala bloka 45 MW je pravokutnog oblika visine 3,2 m i širine 2,6 m. Predloženi raspored mjernih osi i mjernih točaka dan je na sl. P 4.





Sl. P 4: Dimenzije i predloženi raspored mjernih točki po mjernom presjeku zajedničkog dimovodnog kanala bloka 45 MW prije spoja s betonskim dimnjakom

Sastava dimnih plinova, temperaturu dimnih plinova i brzinu potrebno je mjeriti po presjeku u svim mjernim točkama (20 mjernih točaka).

Kao što se vidi na sl. P 4, mjerni priključci su izvedeni u skladu sa zahtjevima normi HRN EN 15259:2008, HRN ISO 9096:2017 i HRN EN 13284-1:2017.

#### 4. MJERNE METODE I INSTRUMENTI

Godišnja provjera AMS uređaja provesti će se u trajanju do najviše mjesec dana. Minimalno neto vrijeme svih mjerenja iznositi će 2,5 sati, što je jednako ukupnom trajanju od 5 ispravnih mjerenja po 30 minuta tj. minimalnim zahtjevima prema normi HRN EN 14181:2014. U ovisnosti o onečišćujućoj tvari i njejoj koncentraciji, očekivano (bruto) trajanje pojedinog mjerenja je 1 h i 10 minuta. Mjerne metode i instrumenti koji će biti korišteni za provedbu kontrolnih mjerenja navedene su u tab. P 4.



Tab. P 4: Metode i oprema za mjerenje

Mjerenja veličina	Metoda uzorkovanja	Metoda mjerenja	Glavna korištena oprema
$O_2$	HRN EN 15259:2008	HRN EN 14789:2017	Grijana glava sa sondom za uzorkovanje i grijano crijevo (lab. oznaka E.U. 29.2), hladnjak M&C PSS-5 (lab. oznaka E.U. 29.3), analizator HORIBA PG-350E (lab. oznaka E.U. 29.1).
$SO_2$		HRN ISO 7935:1997	
$CO$		HRN EN 15058:2017	
$CO_2$		HRN ISO 12039:2020	
$NO_x$		HRN EN 14792:2017	
$H_2O$		interna metoda eLAB-PE-108	Laboratorijski izvještaj o sastavu prirodnog plina u čvornoj točki <i>MRS Osijek / stream 1</i> treba preuzeti s Internet stranice operatora plinskoga transportnog sustava PLINACRO d.o.o ( <a href="http://www.plinacro.hr">www.plinacro.hr</a> ). Podatke o tlaku, temperaturi i relativnoj vlažnosti zraka treba mjeriti psihrometrom AHLBORN FNAD 46-3 ili preuzeti s mjerne postaje <i>Osijek, ATO - IOSIJE10</i> ( <a href="https://www.wunderground.com">https://www.wunderground.com</a> ).
brzina		HRN EN ISO 16911-1:2013	SICK GRAVIMAT SHC 501 (lab. oznaka E.U. 26.1).
temperatura		interna metoda eLAB-PE-106	Pt100 osjetnik u sklopu SICK GRAVIMAT-a SHC 501 (lab. oznaka E.U. 26.1), termoelement tipa K u sklopu sonde za uzorkovanje otpadnih plinova (lab. oznaka E.U. 1.3.5) spojen na ALMEMO 2590-4S (lab. oznaka E.U. 21.1).
tlak u ispustu			Osjetnici tlaka u sklopu SICK GRAVIMAT-a SHC 501 (lab. oznaka E.U. 26.1).
stanje okoline			ALMEMO 2590-4S (lab. oznaka E.U. 21.1), NTC temperaturni osjetnik (lab. oznaka E.U. 21.7) ili psihrometar AHLBORN FNAD 46-3, barometar u sklopu SICK GRAVIMAT-a SHC 501 (lab. oznaka E.U. 26.1) ili psihrometar AHLBORN FNAD 46-3.

## 4.1. ODREĐIVANJE STANJA OTPADNIH PLINOVA

### 4.1.1 Brzina, tlak i temperatura dimnih plinova

Najmanje 5 mjerenja brzine strujanja dimnih plinova, tlaka i temperature plinova provesti će se istovremeno u 20 točaka mjernog presjeka u neto trajanju od 60 minuta (3 minute po točki) uređajem SICK GRAVIMAT SHC 501 (lab. oznaka E.U. 26.1.) prema radnom postupku *eLAB-PE-105 - Mjerenje emisija krutih čestica GRAVIMAT-om*.

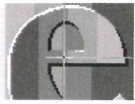
Tlak plinova ( $p$ , hPa) u ispustu bit će određen prema sljedećoj jednadžbi:

$$p = (p_{10} + p_0) - \frac{\rho \cdot v^2}{200}, \quad (5)$$

gdje je:

- $v$ , m/s; brzina dimnih plinova u ispustu mjerena SICK GRAVIMAT-om SHC 501,
- $p_{10}$ , hPa; totalni pretlak mjerjen SICK GRAVIMAT-om SHC 501,
- $p_0$ , hPa; barometarski tlak mjerjen SICK GRAVIMAT-om SHC 501,
- $\rho$ , kg/m<sup>3</sup>; gustoća vlažnih dimnih plinova kod stanja u ispustu. Gustoća je funkcija od sastava vlažnih dimnih plinova te tlaka ( $p$ ) i temperature ( $\vartheta$ ) u ispustu.

Gustoća vlažnih dimnih plinova odrediti će se na temelju izmjerenih veličina ( $p_{10}$ ,  $p_0$ ,  $\vartheta$ ) SICK GRAVIMAT-om SHC 501, analizatorom PG-350E izmjerenog volumnog sastava suhih dimnih



plinova ( $O_2$ ,  $CO_2$ , ostatak  $N_2$ ) i izračunatog volumnog udjela vodene pare u dimnim plinovima ( $H_2O$ ).

Mjerenje temperature dimnih plinova bit će provedeno otpornim osjetnikom Pt100 koji je sastavni dio uređaja SICK GRAVIMAT SHC 501. Mjerenja temperature plinova potrebno je provesti prema akreditiranoj internoj metodi *eLAB-PE-106 Mjerenje temperature u kanalu otpadnih plinova*.

Provjeru funkcionalnosti sustava SICK GRAVIMAT SHC 501 potrebno je provesti na licu mjesta, prije i poslije svake serije mjerenja. Nepropusnost sustava za uzorkovanje potrebno je provesti prije svakog pojedinačnog mjerenja. Slijepu probu potrebno je provesti prije ili poslije svake serije mjerenja.

#### 4.1.2 Vlažnost plinova

Volumni udio vodene pare (vlage) u dimnim plinovima ( $H_2O$ ) izračunati će se prema internoj metodi *eLAB-PE-108 Računsko određivanje vlage*. Radi potreba izračuna bit će korišten izvještaj o kvaliteti prirodnog plina distribucijskog sustava tvrtke PLINACRO d.o.o. ([www.plinacro.hr](http://www.plinacro.hr)). Podatke o tlaku, temperaturi i relativnoj vlažnosti zraka treba mjeriti psihrometrom AHLBORN FNAD 46-3 ili preuzeti s mjerne postaje *Osijek, ATO - IOSIJE10* (<https://www.wunderground.com>).

#### 4.2. MJERENJE EMISIJE PLINOVITIH TVARI

Potrebno je provesti najmanje 5 mjerenja  $CO_2$ ,  $O_2$ ,  $SO_2$ ,  $CO$  i  $NO_x$  u neto trajanju od 60 minuta (paralelno s mjerenjima brzine, masene koncentracije krutih čestica i temperature dimnih plinova) prema radnom postupku: *eLAB-PE-101 - Uzorkovanje plinova radi određivanja koncentracije*.

Za provjeru analizatora plinova treba koristiti dušik klase 5,0 (provjera nule) i plinske mješavine koje što bliže odgovaraju sastavu plinova u ispustu (očekivane koncentracije prilikom loženja kotlova prirodnim plinom su  $O_2 \cong 3\%$ ,  $CO \cong 5 \text{ mg/m}_n^3$ ,  $SO_2 \cong 3 \text{ mg/m}_n^3$  i  $NO_x \cong 90 \text{ mg/m}_n^3$ ).

Tehnički odgovorna osoba:

Andrej Slavica, mag. ing. mech.