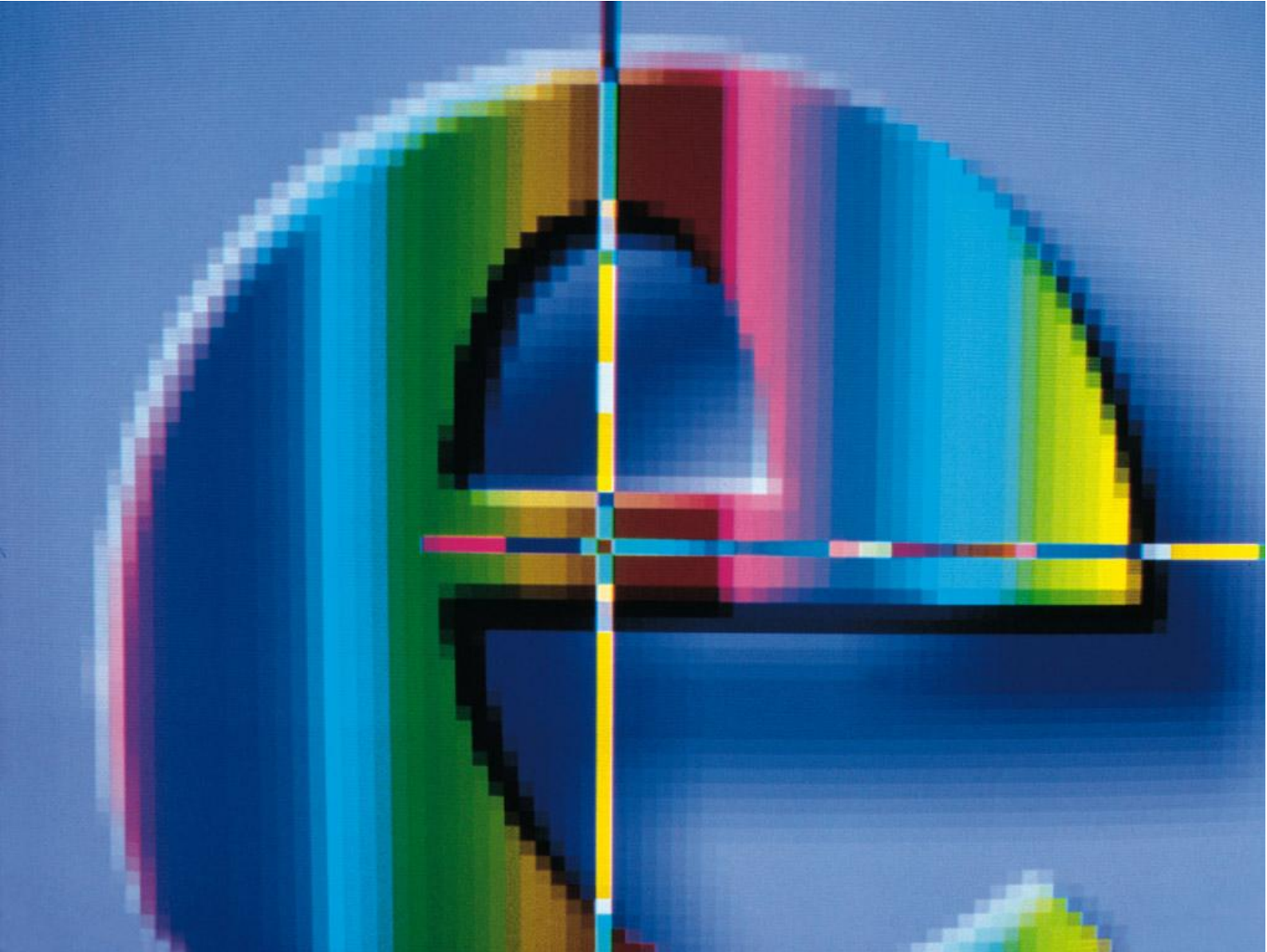


**UMJERAVANJE AUTOMATSKOG
MJERNOG SUSTAVA ZA
KONTINUIRANO MJERENJE
EMISIJA U ZRAK IZ ISPUSTA
BLOKA 45 MW TE-TO OSIJEK**



Zagreb, 2026.



Naručitelj:

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

Radni nalog:

I-02-2234_29

Naslov:

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

Ispitivanja proveli:

Andrej Slavica, mag. ing. mech.
Borna Glückselig, mag. ing. agr.
Darko Glückselig, 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, 27. 2. 2026.

SADRŽAJ

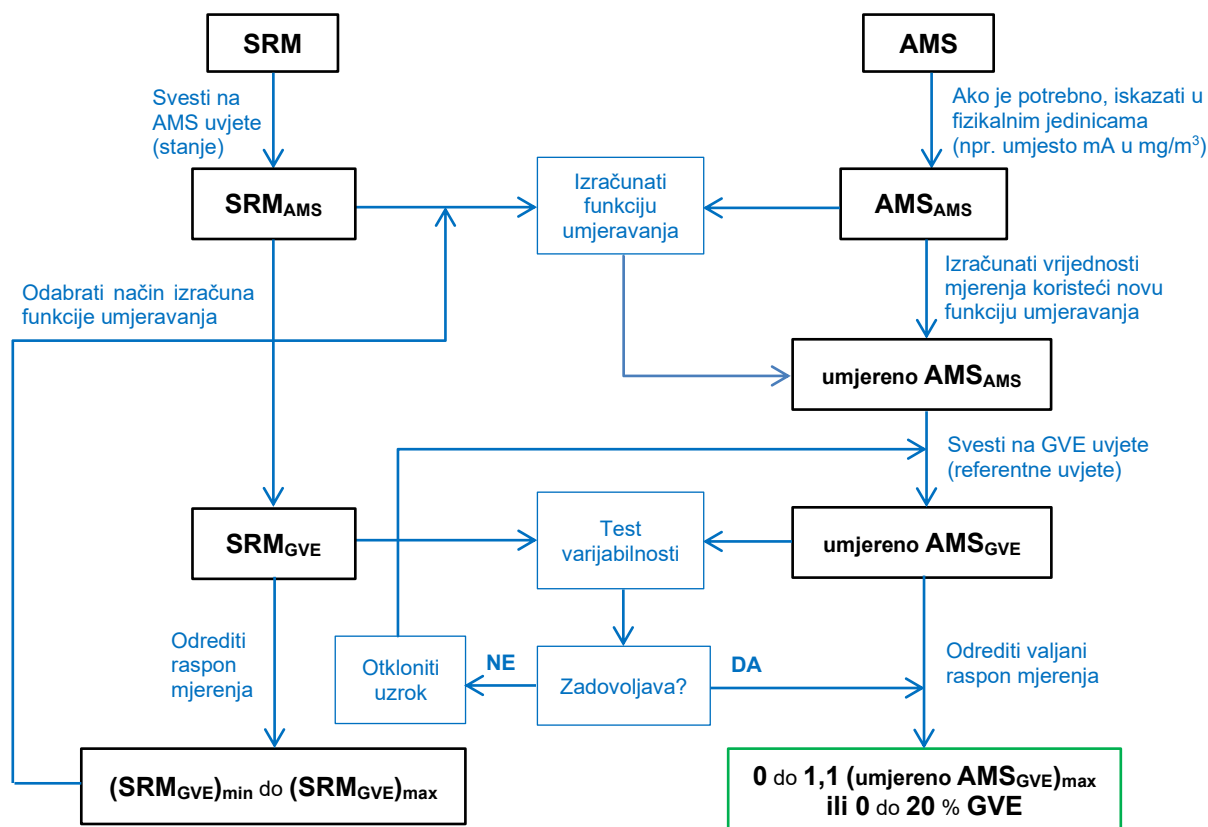
| | |
|---|-----------|
| 1. UVOD | 2 |
| 2. AUTOMATSKI MJERNI SUSTAV | 3 |
| 2.1. MJERNI UREĐAJI | 3 |
| 2.1.1. Mjerenje temperature dimnih plinova Pt100 osjetnikom | 3 |
| 2.1.2. Mjerenje brzine uređajem DURAG D-FL 200..... | 4 |
| 2.1.3. Mjerenje emisije krutih čestica uređajem SICK OMD 41 | 5 |
| 2.1.4. Mjerenje CO, NO, SO ₂ i O ₂ analizatorom Siemens ULTRAMAT 23 | 6 |
| 2.2. AMS RAČUNALO | 7 |
| 3. REZULTATI | 8 |
| 3.1. REZULTATI PARALELNIH MJERENJA | 9 |
| 3.1.1. Vlažnost dimnih plinova..... | 12 |
| 3.1.2. Mjerenje temperature uređajem Pt100..... | 14 |
| 3.1.3. Mjerenje O ₂ uređajem Siemens ULTRAMAT 23 | 16 |
| 3.1.4. Mjerenje CO uređajem Siemens ULTRAMAT 23..... | 18 |
| 3.1.5. Mjerenje NO _x uređajem Siemens ULTRAMAT 23 | 20 |
| 3.1.6. Mjerenje SO ₂ uređajem Siemens ULTRAMAT 23..... | 22 |
| 3.1.7. Mjerenje PM uređajem SICK OMD 41 | 24 |
| 3.1.8. Mjerenje brzine i protoka uređajem DURAG D-FL 200..... | 26 |
| 4. ZAKLJUČAK | 28 |
| <u>KRATICE I INDEKSI</u> | 29 |
| <u>POJMOVNIK</u> | 31 |

PRILOG

- A. L1-I-02-2234_29/26 EKONERG - *Laboratorij za mjerenje emisija: Izvještaj o mjerenju emisija u zrak iz ispusta bloka 45 MW TE-TO Osijek, 27. veljače 2026.*

1. UVOD

Umjeravanje uređaja automatskog mjernog sustava (AMS) za kontinuirano mjerenje emisija u zrak iz ispusta bloka 45 MW TE-TO Osijek provedena su prema postupku QAL2 (engl. *Quality Assurance Level 2*) norme HRN EN 14181:2014. Dijagram toka umjeravanja (QAL2) dan je na sl. 1, a pregled AMS uređaja dan je u tab. 1.



Sl. 1: Dijagram toka umjeravanja AMS uređaja prema QAL2 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 broj: 1205314) |
| | temperatura, ϑ | termometar Pt100 |
| | krute čestice, PM | SICK OMD 41 (serijski broj: 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) | ugljičkov 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, QAL2 postupak (umjeravanje) 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: protoka (brzine) dimnih plinova (Q , m^3/h), temperature dimnih plinova (ϑ , $^{\circ}C$), masene koncentracije krutih čestica u dimnim plinovima (PM , mg/m^3), 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*¹ 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).

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 ravnini mjernog presjeka.

2. AUTOMATSKI MJERNI SUSTAV

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 prosljeđuju 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

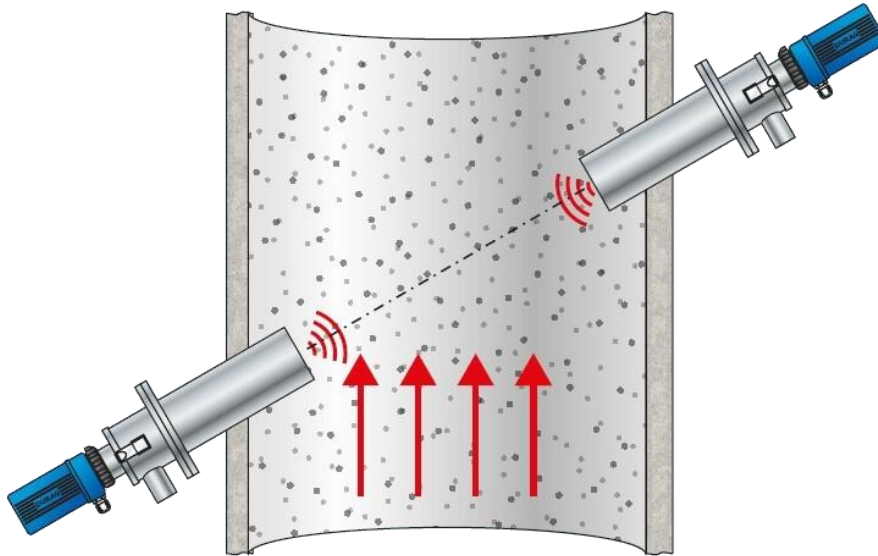
2.1.1. Mjerenje temperature dimnih plinova Pt100 osjetnikom

Metoda mjerenja temperature otpornim termometrom zasniva se na fizikalnom svojstvu promjene električnog otpora metala (platina, od tuda oznaka Pt) s temperaturom. Kod temperature $0^{\circ}C$ otporni termometar tipa Pt100 ima električni otpor $100\ \Omega$. Kroz otporni termometar se provodi konstantna električna struja koja generira pad napona ovisan o otporu, a time i o 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 $1^{\circ}C$.

¹ 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 prijemniku) 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:

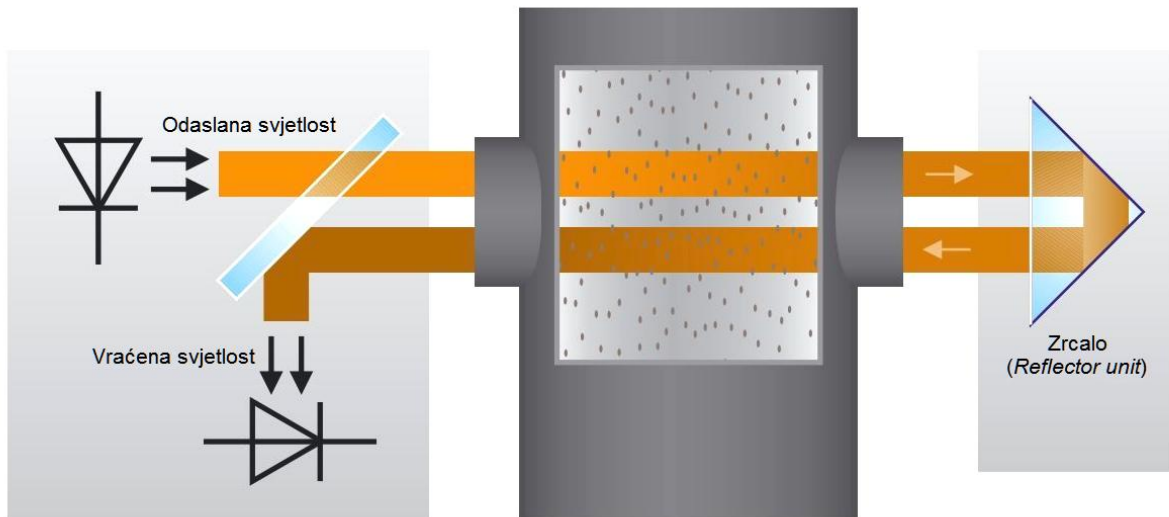
$$v = \frac{L}{2 \cdot \cos \alpha} \cdot \frac{t_u - t_d}{t_u \cdot t_d}, \quad (1)$$

gdje je:

- v , m/s; brzina strujanja u ispustu,
- L , m; razmak između piezoelektričkih ultrazvučnih elemenata,
- α , °; 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 mjernog uređaja SICK OMD 41

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. Odaslane 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, SO₂ i O₂ analizatorom Siemens ULTRAMAT 23

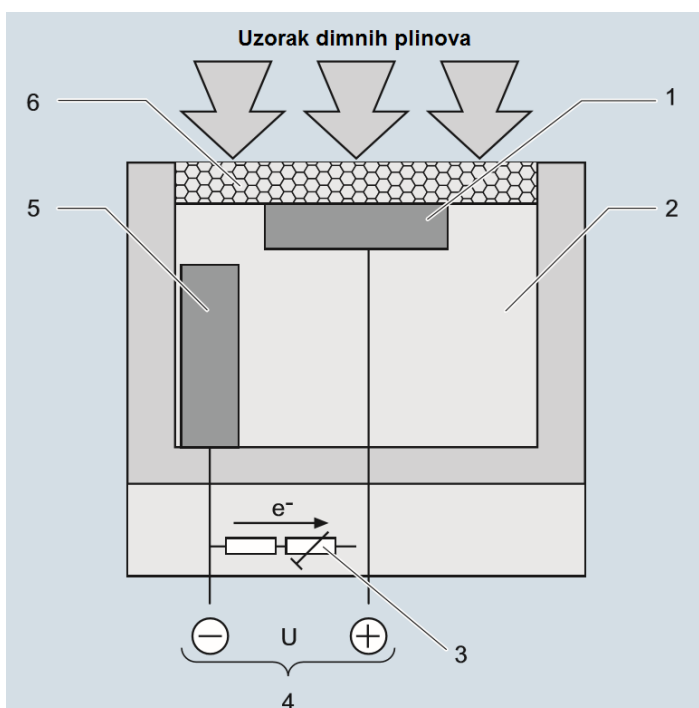
Mjerenje volumnih udjela CO, NO, SO₂ i O₂ u suhim dimnim plinovima vrši se pomoću višekomponentnog analizatora ekstraktivnog tipa Siemens ULTRAMAT 23 koji je prikazan na sl. 4.

Siemens ULTRAMAT 23 mjeri volumne udjele CO, NO i SO₂ 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 O₂ elektrokemijskom metodom koja je shematski prikazana na sl. 5.



Sl. 5: Modul s elektrokemijskom metodom mjerenja O₂

1: katoda (zlatu); 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)² izmjerenih veličina (CO , NO , SO_2 , O_2 , ϑ , PM i Q) lineariziran, 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 važećih³ 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. $\%_{\text{sdp}}$, m^3_{isp}) dan je u poglavlju *Kratice i indeksi*.

Tab. 2: Izračun emisijskih veličina u algoritmu emisijskog računala (18. veljače 2026.)

| Mjerena veličina | Proporcionalnost analognog signala 4 - 20 mA | Izračun mjerene („sirove“) vrijednosti | Korekcijski koeficijenti za svodenje na referentne (GVE) uvjete | | |
|------------------|--|---|---|------------|-----------------|
| | | | k_{O_2} | k_{H_2O} | k_{ϑ} |
| CO | 0 - 250 $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{sdp}}$ | $CO = 15,625 \cdot (\text{mA}) - 62,5$ | DA | - | - |
| NO_x | - | $NO_x = NO \cdot 1,53$ | DA | - | - |
| | 0 - 1 000 $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{sdp}}$ | $NO = 62,5 \cdot (\text{mA}) - 250$ | - | - | - |
| SO_2 | - | $SO_{2\text{ cal}} = SO_2 \cdot 0,88$ | DA | - | - |
| | 0 - 1 500 $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{sdp}}$ | $SO_2 = 93,75 \cdot (\text{mA}) - 375$ | - | - | - |
| PM | - | $PM = E \cdot 131,75$ | DA | DA | DA |
| | 0 - 0,3 | $E = 0,01875 \cdot (\text{mA}) - 0,075$ | - | - | - |
| Q | - | $Q_{\text{cal}} = Q \cdot 1,0023$ | DA | DA | DA |
| | 0 - 500 000 $\text{m}^3_{\text{isp}}/\text{h}$ | $Q = 31\,250 \cdot (\text{mA}) - 125\,000$ | - | - | - |
| 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 $\%_{\text{sdp}}$ | $O_2 = 1,3125 \cdot (\text{mA}) - 5,25$ | - | - | - |
| ϑ | 0 - 581,7 $^\circ\text{C}$ | $\vartheta = 29,085 \cdot (\text{mA})$ | - | - | - |

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 (tzv. „sirove“) vrijednosti s korekcijskim koeficijentom k_{O_2} . Preračun koncentracije krutih čestica (PM) na referentne uvjete vrši se množenjem izmjerene vrijednosti s koeficijentima k_{ϑ} , k_{H_2O} i k_{O_2} , a preračun protoka dimnih plinova (Q_{cal}) na referentne uvjete vrši se dijeljenjem izmjerene vrijednosti s koeficijentima k_{ϑ} , k_{H_2O} i k_{O_2} . Korekcijski koeficijenti računaju na sljedeći način:

² Raspon strujnog signala temperature dimnih plinova (ϑ) iznosi od 0 do 20 mA.

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

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

gdje je:

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

3. REZULTATI

Zadatak umjeravanja (QAL2) je, temeljem rezultata paralelnih mjerenja AMS i SRM uređaja, statistički odrediti regresijske pravce pojedinog AMS uređaja i primjenom testa varijabilnosti utvrditi zadovoljava li AMS uređaj zakonom propisanu mjernu nesigurnost (σ_0).

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 σ_0 računa na sljedeći način:

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

GVE i mjerna nesigurnost σ_0 iskazane su kod referentnog stanja što znači da i testovi varijabilnosti AMS uređaja moraju biti provedeni s vrijednostima mjerenja AMS i SRM uređaja 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)*.

Uredbom o graničnim vrijednostima onečišćujućih tvari iz nepokretnih izvora (Narodne novine 42/2021) i Direktivom 2010/75/EU nisu propisani intervali pouzdanosti AMS uređaja za mjerenje temperature i brzine dimnih plinova. Osim toga, uređaji za mjerenje temperature nisu tipični uređaj za mjerenje emisija te zato nemaju QAL1 tipsko odobrenje. Stoga je mjerna nesigurnost AMS uređaja za mjerenje temperature dimnih plinova (u_{ϑ}) određena prema sljedećem izrazu:

$$u_{\vartheta} = \sqrt{\left(\frac{6,6 \text{ °C}}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{4,0 \text{ °C}}{\sqrt{3}}\right)^2} = 4,46 \text{ °C}, \quad (7)$$

gdje je:

- u_{ϑ} ; °C; kombinirana mjerna nesigurnost AMS uređaja Pt100 za mjerenje temperature dimnih plinova u ispuštu,
- 6,6 °C; granična greška otpornog termometra Pt100 klase C kod 600 °C prema IEC 60751:2009⁴,

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

4,0 °C; procijenjena granična greška uređaja za prijenos i obradu signala otpornog termometra Pt100.

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 (σ_0) protoka dimnih plinova usvojena je mjerna nesigurnost (u_Q) određena prema sljedećem izrazu:

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

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^2 ; površina poprečnog mjernog presjeka dimovodnog kanala.

Pregled korištenih mjernih nesigurnosti dan je u tab. 3.

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

| Veličina | GVE | P | Mjerni raspon | Proširena mjerna nesigurnost | σ_0 |
|-------------|---|------|---------------|---|--|
| H_2O | 30 % _{vdp} ¹⁾ | 10 % | | $\pm 3,0$ % _{vdp} | $\pm 1,53$ % _{vdp} |
| ϑ | | | 0 - 600 °C | | $\pm 4,46$ °C |
| O_2 | 21 % _{sdp} ¹⁾ | 10 % | | $\pm 2,1$ % _{sdp} | $\pm 1,07$ % _{sdp} |
| CO | 100 $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{ref}}$ | 10 % | | ± 10 $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{ref}}$ | $\pm 5,10$ $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{ref}}$ |
| NO_x | 100 $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{ref}}$ | 20 % | | ± 20 $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{ref}}$ | $\pm 10,20$ $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{ref}}$ |
| SO_2 | 35 $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{ref}}$ | 20 % | | ± 7 $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{ref}}$ | $\pm 3,57$ $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{ref}}$ |
| PM | 5 $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{ref}}$ | 30 % | | $\pm 1,5$ $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{ref}}$ | $\pm 0,77$ $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{ref}}$ |
| Q | | | | | $\pm 45\,845$ $\text{m}^3_{\text{isp}}/\text{h}$ |

¹⁾ 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

10., 11. i 12. veljače 2026. godine EKONERG-ov Laboratorij za mjerenje emisija je u ispustu dimnih plinova bloka 45 MW izvršio petnaest paralelnih mjerenja (M1-M15): temperature (ϑ), protoka dimnih plinova (Q), koncentracije krutih čestica (PM), volumnih udjela CO , NO_x , SO_2 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.

Tab. 4: Emisije iz ispusta izmjerene SRM uređajima

| SRM | ϑ | H_2O | PM | Q | CO | NO_x kao NO | SO_2 | O_2 |
|-----|-------------|------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------|
| | °C | % _{vdp} | mg/m ³ _{isp} | m ³ _{isp} /h | mg/m ³ _{sdp} | mg/m ³ _{sdp} | mg/m ³ _{sdp} | % _{sdp} |
| M1 | 74 | 16,28 | 0,11 | 126 245 | 11 | 43 | 0,2 | 3,82 |
| M2 | 74 | 16,38 | 0,09 | 132 270 | 15 | 44 | 0,1 | 3,71 |
| M3 | 74 | 16,40 | 0,11 | 129 263 | 15 | 44 | 0,1 | 3,70 |
| M4 | 75 | 16,40 | 0,07 | 117 268 | 15 | 41 | 0,6 | 3,80 |
| M5 | 74 | 16,52 | 0,07 | 120 286 | 16 | 41 | 0,2 | 3,75 |
| M6 | 72 | 16,57 | 0,05 | 120 293 | 13 | 40 | 0,4 | 3,78 |
| M7 | 72 | 16,55 | 0,06 | 120 299 | 7 | 39 | 0,5 | 3,90 |
| M8 | 72 | 16,61 | 0,10 | 117 297 | 7 | 40 | 0,1 | 3,84 |
| M9 | 70 | 16,69 | 0,13 | 117 353 | 12 | 40 | 0,3 | 3,73 |
| M10 | 86 | 16,71 | 0,09 | 132 412 | 17 | 40 | 0,5 | 3,69 |
| M11 | 89 | 16,65 | 0,09 | 129 415 | 9 | 40 | 0,1 | 3,83 |
| M12 | 89 | 16,75 | 0,05 | 129 431 | 11 | 39 | 0,0 | 3,76 |
| M13 | 92 | 16,78 | 0,07 | 129 438 | 10 | 38 | 0,4 | 3,79 |
| M14 | 92 | 16,70 | 0,06 | 129 421 | 9 | 39 | 0,4 | 3,79 |
| M15 | 92 | 16,70 | 0,06 | 126 414 | 8 | 38 | 0,3 | 3,81 |

Tab. 5: Emisije iz ispusta izmjerene AMS uređajima

| AMS | ϑ | H_2O | PM | Q | CO | NO_x kao NO | SO_2 | O_2 |
|-----|-------------|------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------|
| | °C | % _{vdp} | mg/m ³ _{isp} | m ³ _{isp} /h | mg/m ³ _{sdp} | mg/m ³ _{sdp} | mg/m ³ _{sdp} | % _{sdp} |
| M1 | 76 | 16,35 | 0,21 | 133 740 | 12 | 47 | -0,9 | 4,72 |
| M2 | 75 | 16,35 | 0,20 | 139 083 | 16 | 48 | -1,3 | 4,62 |
| M3 | 75 | 16,35 | 0,21 | 138 885 | 16 | 47 | -1,9 | 4,60 |
| M4 | 76 | 16,35 | 0,07 | 130 084 | 17 | 47 | -2,4 | 4,72 |
| M5 | 75 | 16,35 | -0,06 | 133 013 | 18 | 47 | -2,6 | 4,65 |
| M6 | 73 | 16,35 | -0,03 | 129 911 | 15 | 43 | 0,4 | 4,64 |
| M7 | 73 | 16,35 | 0,00 | 131 028 | 10 | 42 | 0,6 | 4,77 |
| M8 | 73 | 16,35 | 0,01 | 132 640 | 10 | 42 | 1,1 | 4,69 |
| M9 | 72 | 16,35 | -0,05 | 131 265 | 14 | 42 | 2,0 | 4,62 |
| M10 | 87 | 16,35 | 0,41 | 136 857 | 18 | 45 | -2,7 | 4,58 |
| M11 | 90 | 16,35 | 0,33 | 137 892 | 11 | 46 | -3,8 | 4,67 |
| M12 | 90 | 16,35 | 0,41 | 138 027 | 13 | 42 | -2,0 | 4,62 |
| M13 | 93 | 16,35 | 0,30 | 137 466 | 12 | 42 | -3,3 | 4,60 |
| M14 | 94 | 16,35 | 0,27 | 138 758 | 11 | 43 | -4,5 | 4,58 |
| M15 | 93 | 16,35 | 0,48 | 136 189 | 10 | 42 | -4,7 | 4,63 |

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 dan je u tab. 6. Kako pomoćne veličine (ϑ , O_2 i H_2O) ne bi utjecale na prolaznost pojedinih AMS uređaja kod testova varijabilnosti, 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. 6 korištene su „sirove“ vrijednosti AMS uređaja svedene na referentne uvjete korištenjem vrijednosti pomoćnih veličina mjenjenih SRM uređajima.

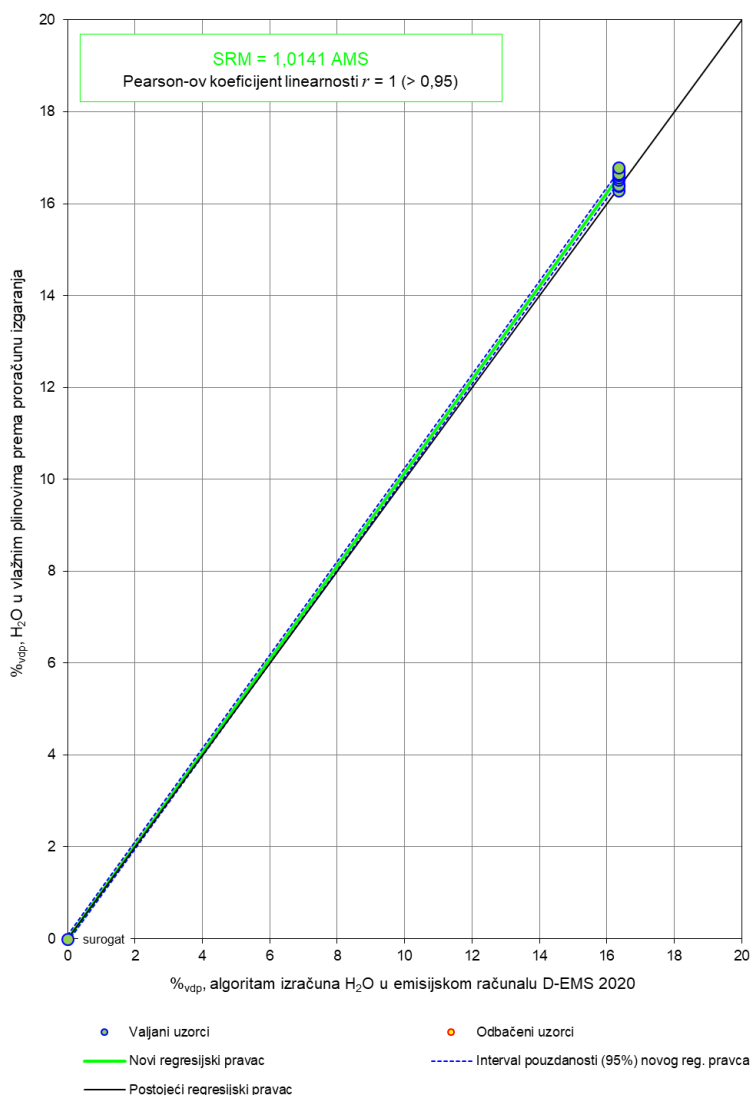
Tab. 6: Vrijednosti emisija izmjerene SRM i AMS uređajima svedene na referentne (GVE) uvjete

| SRM | CO | NO _x kao NO ₂ | SO ₂ | PM |
|-----|----------------------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|
| | mg/m ³ _{ref} | mg/m ³ _{ref} | mg/m ³ _{ref} | mg/m ³ _{ref} |
| M1 | 12 | 68 | 0,2 | 0,18 |
| M2 | 15 | 70 | 0,1 | 0,14 |
| M3 | 15 | 70 | 0,1 | 0,17 |
| M4 | 16 | 66 | 0,6 | 0,12 |
| M5 | 17 | 65 | 0,2 | 0,12 |
| M6 | 14 | 63 | 0,4 | 0,08 |
| M7 | 8 | 63 | 0,5 | 0,09 |
| M8 | 8 | 64 | 0,1 | 0,16 |
| M9 | 13 | 64 | 0,3 | 0,20 |
| M10 | 18 | 63 | 0,5 | 0,15 |
| M11 | 10 | 63 | 0,1 | 0,15 |
| M12 | 12 | 62 | 0,0 | 0,08 |
| M13 | 11 | 60 | 0,4 | 0,13 |
| M14 | 9 | 62 | 0,5 | 0,11 |
| M15 | 9 | 62 | 0,3 | 0,11 |

| AMS | CO | NO _x kao NO ₂ | SO ₂ | PM |
|-----|----------------------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|
| | mg/m ³ _{ref} | mg/m ³ _{ref} | mg/m ³ _{ref} | mg/m ³ _{ref} |
| M1 | 14 | 80 | -1,0 | 0,35 |
| M2 | 18 | 80 | -1,4 | 0,33 |
| M3 | 18 | 79 | -2,1 | 0,34 |
| M4 | 18 | 79 | -2,6 | 0,13 |
| M5 | 19 | 79 | -2,9 | -0,10 |
| M6 | 17 | 72 | 0,4 | -0,05 |
| M7 | 11 | 72 | 0,7 | 0,01 |
| M8 | 11 | 72 | 1,3 | 0,01 |
| M9 | 15 | 71 | 2,2 | -0,09 |
| M10 | 20 | 76 | -3,0 | 0,70 |
| M11 | 12 | 77 | -4,2 | 0,58 |
| M12 | 14 | 71 | -2,2 | 0,70 |
| M13 | 14 | 71 | -3,7 | 0,52 |
| M14 | 12 | 72 | -5,0 | 0,48 |
| M15 | 11 | 70 | -5,2 | 0,84 |

3.1.1. Vlažnost dimnih plinova

Na sl. 6 je prikazan postojeći i novi fiktivni regresijski pravac određen na temelju rezultata petnaest (M1-M15) rezultata izračuna volumnog udjela vlage u dimnim plinovima i jedne dodatne, tzv. surogat točke.

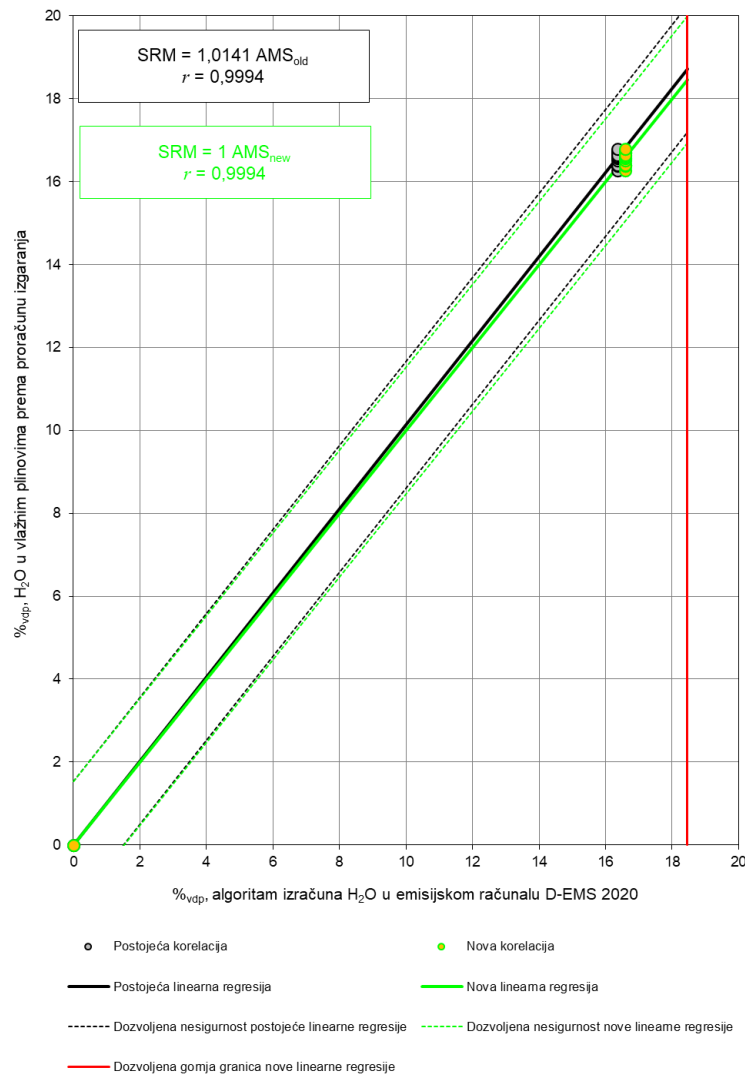


Sl. 6: Odnos postojećeg i novog fiktivnog regresijskog pravca za usvojenu konstantu vlažnosti dimnih plinova prilikom izgaranja prirodnog plina

Oba regresijska pravca prolaze kroz nultu točku ($min_{old} = min_{new} = 0 \text{ \%}_{vdp}$). Kako postojeći fiktivni regresijski pravac ne leži unutar 95 %-tnog intervala pouzdanosti novog regresijskog pravca ($AMS_{new} = 1,0141 \cdot AMS_{old}$), razmotreno je usvajanje novog fiktivnog regresijskog pravca kako je prikazano na sl. 7. Uzimajući u obzir dozvoljenu mjernu nesigurnost ($\sigma_0 = \pm 1,53 \text{ \%}_{vdp}$), može se vidjeti da postojeći fiktivni regresijski pravac u potpunosti leži unutar granica mjerne nesigurnosti novog pravca. Osim toga, prosječna greška izračuna korekcijskog koeficijenta k_{H_2O} (prema jednadžbi (5)) za postojeću konstantu prilikom izgaranja prirodnog plina iznosi $-0,28 \text{ \%}$ u odnosu na vrijednost dobivenu prema rezultatima mjerenja. Prema tome, postojeći izračunski izraz se može zadržati te stoga vrijedi:

$$H_2O_{new} = H_2O_{old} = 11,48 \text{ \%}_{vdp} + \frac{56,56 \cdot q_P}{11,614 \cdot q_P + 13\,666 \cdot q_M} \text{ \%}_{vdp}.$$

Rezultati testa varijabilnosti postojeće fiktivne linearne regresije dani su u tab. 7.



Sl. 7: Dozvoljena mjerna nesigurnost postojeće i nove fiktivne linearne regresije konstante vlažnosti dimnih plinova prilikom izgaranja prirodnog plina

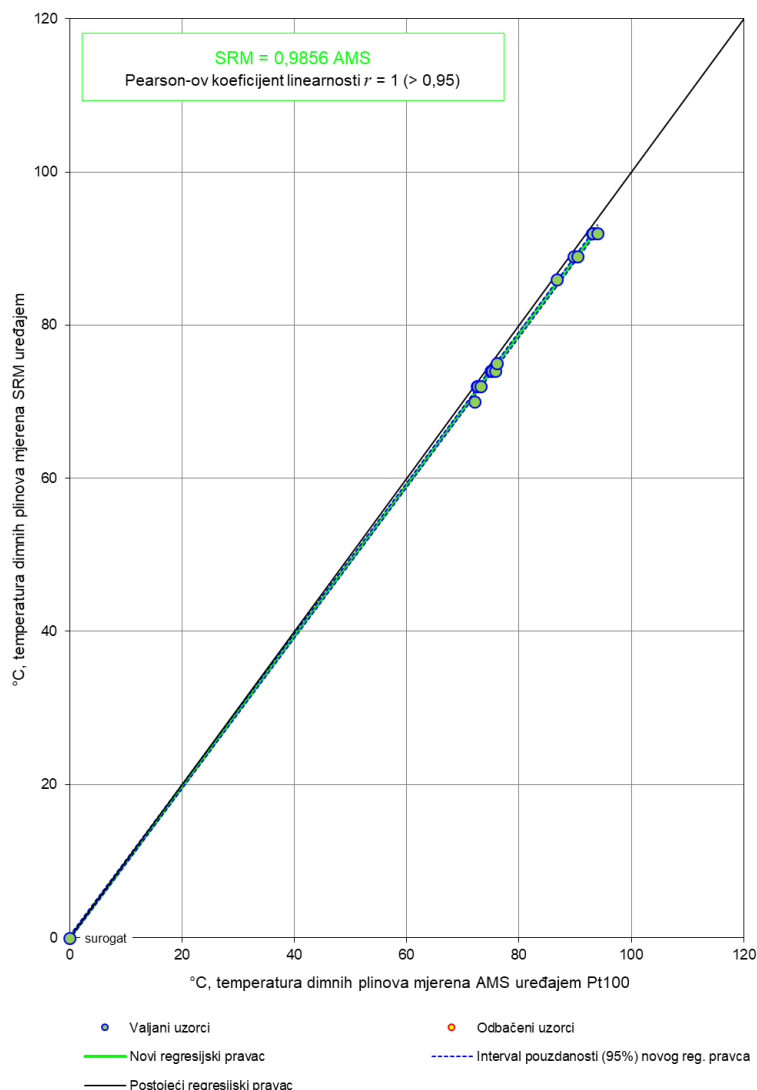
Tab. 7: Test varijabilnosti postojeće fiktivne linearne regresije izraza za izračun vlažnosti dimnih plinova

| $AMS_{new} = a + b \cdot AMS_{old}$ | | | | QAL2 test varijabilnosti | | | |
|--|------|-----|-----------------------|-------------------------------|------------|-------|----------------------|
| $AMS = 11,48 + \frac{56,56 \cdot q_P}{11,614 \cdot q_P + 13\,666 \cdot q_M}$ | | | | $s_D \leq \sigma_0 \cdot k_v$ | | | |
| $H_2O_{old}(q_M = 0)$ | a | b | $H_2O_{new}(q_M = 0)$ | s_D | σ_0 | k_v | $\sigma_0 \cdot k_v$ |
| %vdp | %vdp | - | %vdp | 0,15 | 1,53 | 0,98 | 1,49 |
| 16,35 | 0 | 1 | 16,35 | Zadovoljava | | | |

Kao što se vidi iz tab. 7, usvojena konstanta vlažnosti dimnih plinova (H_2O) za izgaranje prirodnog plina uspješno prolazi test varijabilnosti. 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. 8 je prikazan postojeći i novi regresijski pravac određen na temelju rezultata petnaest (M1-M15) valjanih paralelnih mjerenja i jedne dodatne, tzv. surogat točke.



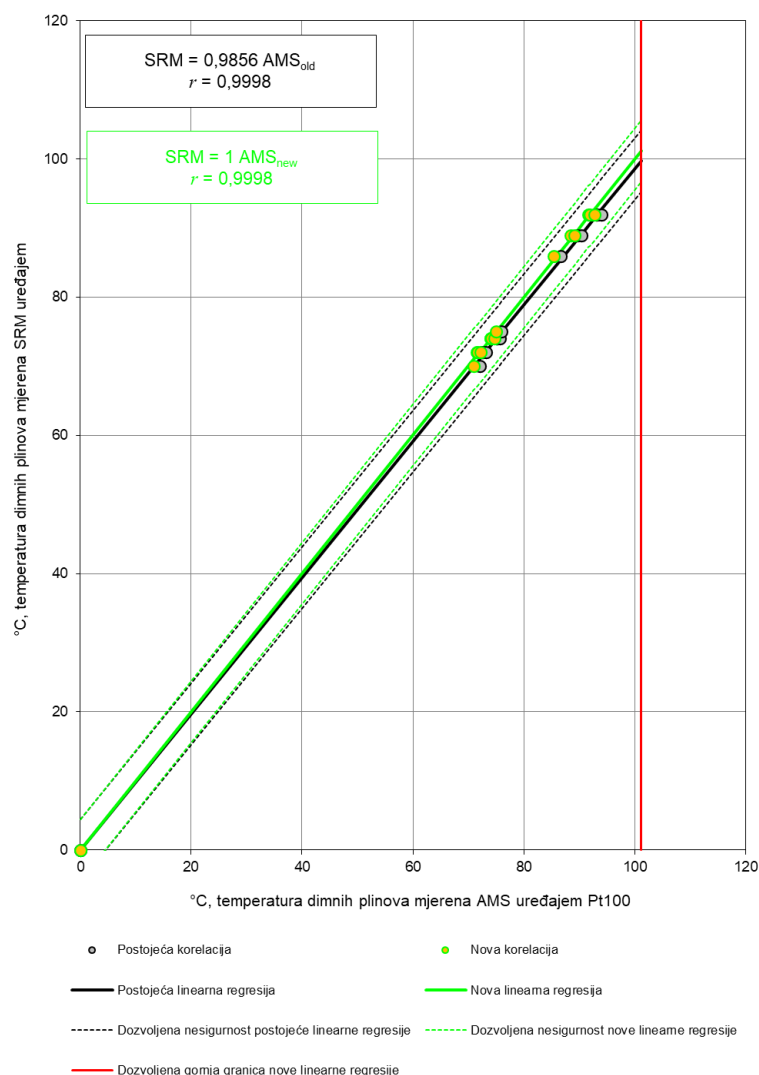
Sl. 8: Odnos postojećeg i novog regresijskog pravca AMS uređaja Pt100 za mjerenje temperature u ispustu dimnih plinova

Oba regresijska pravca prolaze kroz nultu točku ($min_{old} = min_{new} = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$). Kako postojeći regresijski pravac ne leži unutar 95 %-tnog intervala pouzdanosti novog regresijskog pravca ($AMS_{new} = 0,9856 \cdot AMS_{old}$), razmotreno je usvajanje novog regresijskog pravca kako je prikazano na sl. 9. Uzimajući u obzir dozvoljenu mjernu nesigurnost ($\sigma_0 = \pm 4,46 \text{ } ^\circ\text{C}$), može se vidjeti da postojeći regresijski pravac u potpunosti leži unutar granica mjerne nesigurnosti novog pravca. Prema tome, postojeći regresijski pravac se može zadržati te stoga vrijedi:

$$min_{new} = min_{old} = 0 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$max_{new} = max_{old} = 581,7 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

U tab. 8 su dani rezultati testa varijabilnosti postojeće linearne regresije.



Sl. 9: Dozvoljena mjerna nesigurnost postojeće i nove linearne regresije AMS uređaja Pt100 za mjerenje temperature u ispustu dimnih plinova

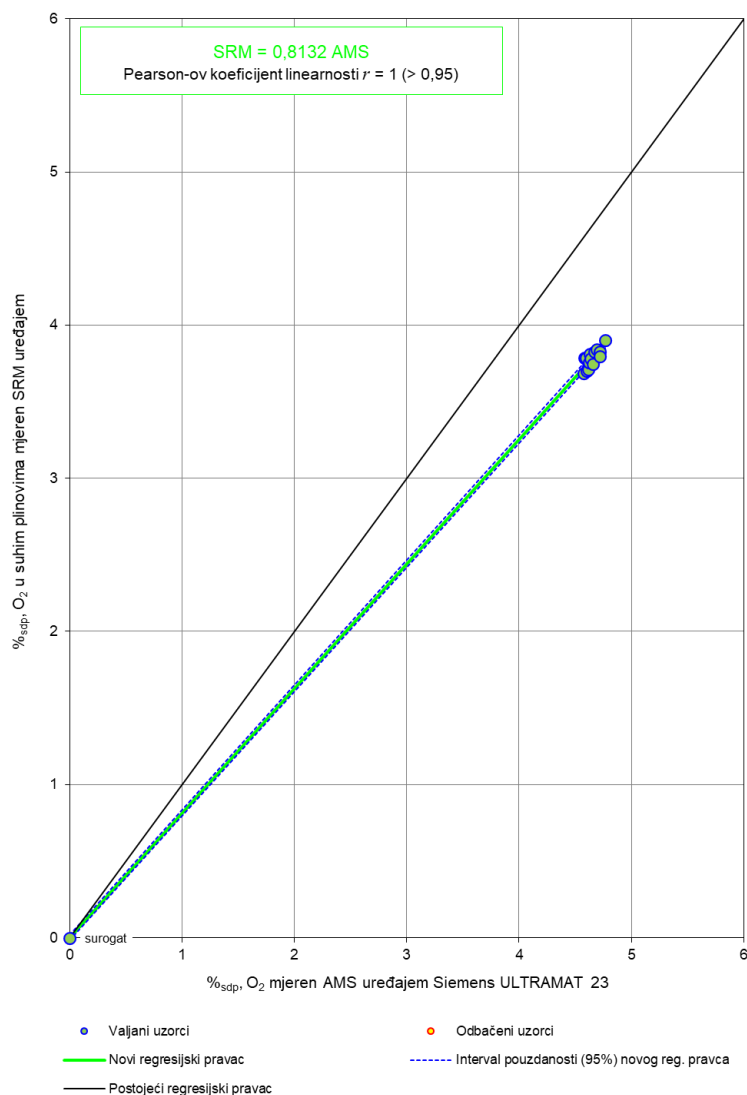
Tab. 8: Test varijabilnosti postojeće linearne regresije AMS uređaja Pt100 za mjerenje temperature u ispustu dimnih plinova

| $AMS_{new} = a + b \cdot AMS_{old}$ | | | | | | QAL2 test varijabilnosti | | | |
|--|-------------|-----|-----|-------------|-------------|-------------------------------|------------|-------|----------------------|
| $AMS_i = min_i + \frac{max_i - min_i}{16 \text{ mA}} \cdot (x - 4 \text{ mA}); i \in \{old, new\}$ | | | | | | $s_D \leq \sigma_0 \cdot k_v$ | | | |
| min_{old} | max_{old} | a | b | min_{new} | max_{new} | s_D | σ_0 | k_v | $\sigma_0 \cdot k_v$ |
| °C | °C | °C | - | °C | °C | 0,47 | 4,46 | 0,98 | 4,35 |
| 0 | 581,7 | 0 | 1 | 0 | 581,7 | Zadovoljava | | | |

Kao što se vidi iz tab. 8, postojeća linearna regresija AMS uređaja Pt100 za mjerenje temperature u ispustu dimnih plinova uspješno prolazi test varijabilnosti. Postojeći regresijski pravac ($min_{new} = min_{old} = 0 \text{ °C}$, $max_{new} = max_{old} = 581,7 \text{ °C}$) se može zadržati i valjan je u rasponu od 0 °C do 101 °C .

3.1.3. Mjerenje O₂ uređajem Siemens ULTRAMAT 23

Na sl. 10 je prikazan postojeći i novi regresijski pravac određen na temelju rezultata petnaest (M1-M15) valjanih paralelnih mjerenja i jedne dodatne, tzv. surogat točke.



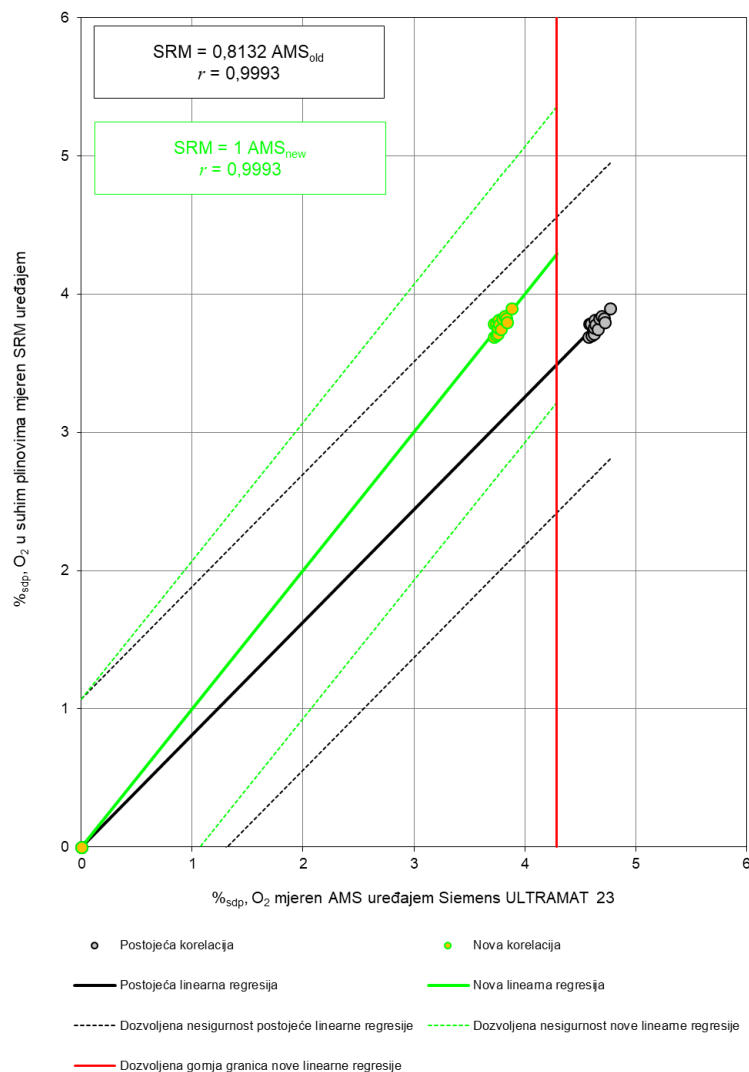
Sl. 10: Odnos postojećeg i novog regresijskog pravca AMS uređaja Siemens ULTRAMAT 23 za mjerenje O₂

Oba regresijska pravca prolaze kroz nultu točku ($min_{old} = min_{new} = 0 \text{ \%}_{sdp}$). Kako postojeći regresijski pravac ne leži unutar 95 %-tnog intervala pouzdanosti novog regresijskog pravca ($AMS_{new} = 0,8132 \cdot AMS_{old}$), razmotreno je usvajanje novog regresijskog pravca kako je prikazano na sl. 11. Uzimajući u obzir dozvoljenu mjernu nesigurnost ($\sigma_0 = \pm 1,07 \text{ \%}_{sdp}$), može se vidjeti da postojeći regresijski pravac u potpunosti leži unutar granica mjerne nesigurnosti novog pravca. Međutim, u emisijsko računalo se zbog značajnog povećanja točnosti (osobito kod očekivanih većih vrijednosti volumnog udjela kisika) trebaju unijeti novi koeficijenti:

$$a_{0_{new}} = a + b \cdot a_{0_{old}} = 0 \text{ \%}_{sdp} + 0,8132 \cdot 0 \text{ \%}_{sdp} = 0 \text{ \%}_{sdp},$$

$$a_{1_{new}} = b \cdot a_{1_{old}} = 0,8132 \cdot 1 = 0,813.$$

Rezultati testa varijabilnosti nove linearne regresije dani su u tab. 9.



Sl. 11: Dozvoljena mjerna nesigurnost postojeće i nove linearne regresije Siemens ULTRAMAT 23 za mjerenje O₂

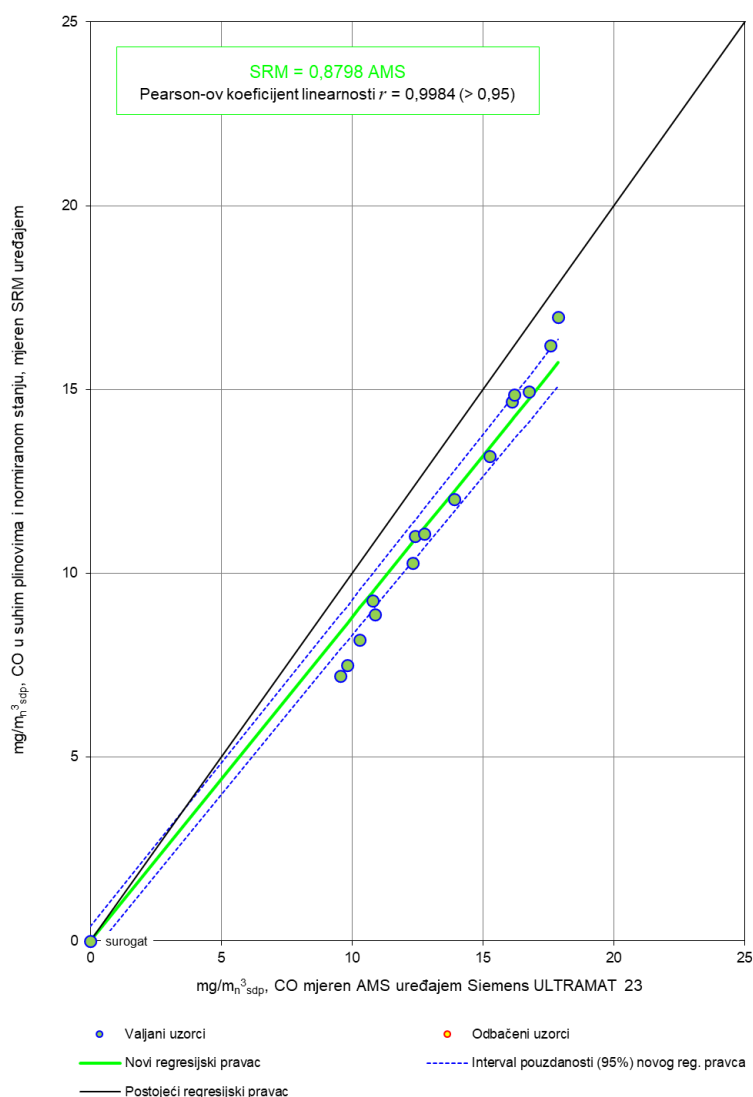
Tab. 9: Test varijabilnosti nove linearne regresije AMS uređaja Siemens ULTRAMAT 23 za mjerenje O₂

| AMS _{new} = a + b · AMS _{old} | | | | | | QAL2 test varijabilnosti | | | |
|--|-------------------|------------------|--------|-------------------|-------------------|-------------------------------|----------------|----------------|---------------------------------|
| AMS _i = a _{0i} + a _{1i} · O ₂ ; i ∈ {old, new} | | | | | | $s_D \leq \sigma_0 \cdot k_v$ | | | |
| a _{0old} | a _{1old} | a | b | a _{0new} | a _{1new} | s _D | σ ₀ | k _v | σ ₀ · k _v |
| % _{sdp} | - | % _{sdp} | - | % _{sdp} | - | 0,04 | 1,07 | 0,98 | 1,05 |
| 0 | 1 | 0 | 0,8132 | 0 | 0,813 | Zadovoljava | | | |

Kao što se vidi iz tab. 9, nova linearna regresija AMS uređaja Siemens ULTRAMAT 23 za mjerenje O₂ u suhim dimnim plinovima uspješno prolazi test varijabilnosti. Novi regresijski pravac ($a_{0new} = 0$ %_{sdp}, $a_{1new} = 0,813$) je valjan je u rasponu od 0 %_{sdp} do 4,3 %_{sdp}.

3.1.4. Mjerenje CO uređajem Siemens ULTRAMAT 23

Na sl. 12 je prikazan postojeći i novi regresijski pravac određen na temelju rezultata petnaest (M1-M15) valjanih paralelnih mjerenja i jedne dodatne, tzv. surogat točke.



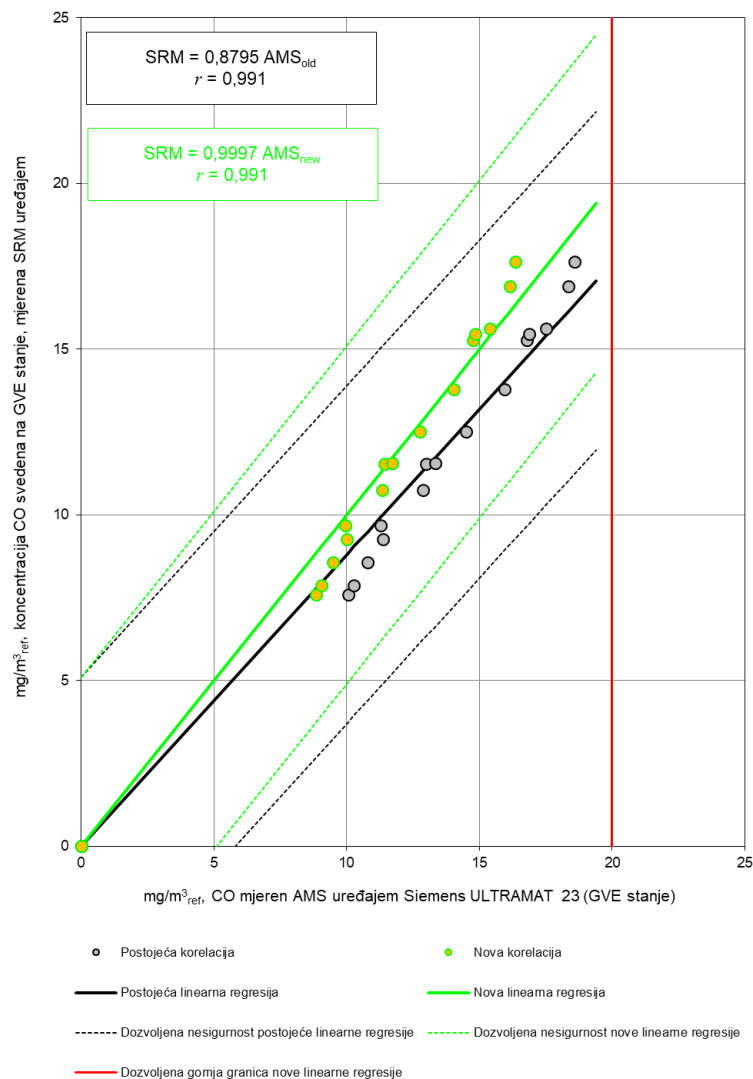
Sl. 12: Odnos postojećeg i novog regresijskog pravca AMS uređaja Siemens ULTRAMAT 23 za mjerenje CO

Oba regresijska pravca prolaze kroz nultu točku ($\min_{\text{old}} = \min_{\text{new}} = 0 \text{ mg/m}^3_{\text{sdp}}$). Kako postojeći regresijski pravac ne leži unutar 95 %-tnog intervala pouzdanosti novog regresijskog pravca ($\text{AMS}_{\text{new}} = 0,8798 \cdot \text{AMS}_{\text{old}}$), razmotreno je usvajanje novog regresijskog pravca kako je prikazano na sl. 13. Uzimajući u obzir dozvoljenu mjernu nesigurnost ($\sigma_0 = \pm 5,10 \text{ mg/m}^3_{\text{ref}}$), može se vidjeti da postojeći regresijski pravac u potpunosti leži unutar granica mjerne nesigurnosti novog pravca. Prema tome, postojeći regresijski pravac se može zadržati te stoga vrijedi:

$$\min_{\text{new}} = \min_{\text{old}} = 0 \text{ mg/m}^3_{\text{sdp}},$$

$$\max_{\text{new}} = \max_{\text{old}} = 250 \text{ mg/m}^3_{\text{sdp}}.$$

Kod svođenja emisije CO izmjerenih AMS uređajem Siemens ULTRAMAT 23 na referentne uvjete korištene su vrijednosti O_2 mjerene SRM uređajem. U tab. 10 su dani rezultati testa varijabilnosti postojeće linearne regresije.



Sl. 13: Dozvoljena mjerna nesigurnost postojeće i nove linearne regresije AMS uređaja Siemens ULTRAMAT 23 za mjerenje CO

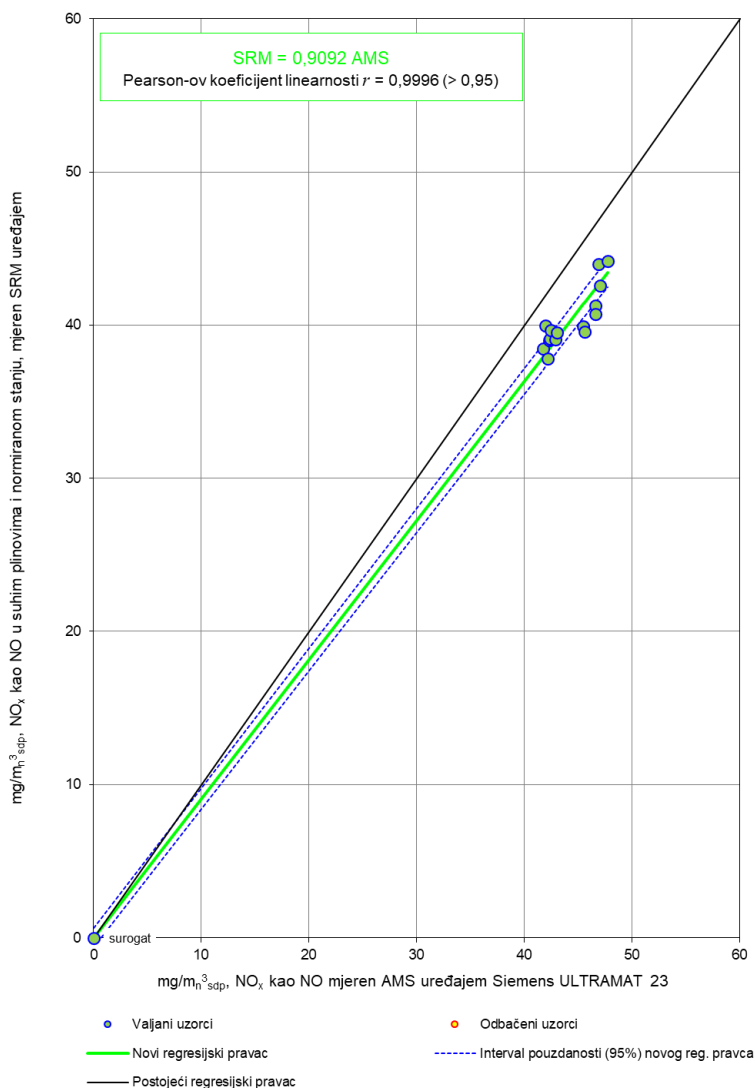
Tab. 10: Test varijabilnosti postojeće linearne regresije AMS uređaja Siemens ULTRAMAT 23 za mjerenje CO

| $AMS_{new} = a + b \cdot AMS_{old}$ | | | | | | QAL2 test varijabilnosti | | | |
|--|--|----------------------------------|-----|--|--|-------------------------------|------------|-------|----------------------|
| $AMS_i = \min_i + \frac{\max_i - \min_i}{16 \text{ mA}} \cdot (x - 4 \text{ mA}); i \in \{\text{old, new}\}$ | | | | | | $s_D \leq \sigma_0 \cdot k_v$ | | | |
| \min_{old} | \max_{old} | a | b | \min_{new} | \max_{new} | s_D | σ_0 | k_v | $\sigma_0 \cdot k_v$ |
| mg/m ³ _{n³_{sdp}} | mg/m ³ _{n³_{sdp}} | mg/m ³ _{sdp} | - | mg/m ³ _{n³_{sdp}} | mg/m ³ _{n³_{sdp}} | 0,43 | 5,10 | 0,98 | 4,98 |
| 0 | 250 | 0 | 1 | 0 | 250 | Zadovoljava | | | |

Kao što se vidi iz tab. 10, postojeća linearna regresija AMS uređaja Siemens ULTRAMAT 23 za mjerenje CO u suhim dimnim plinovima uspješno prolazi test varijabilnosti. Postojeći regresijski pravac ($\min_{new} = \min_{old} = 0 \text{ mg/m}^3_{n^3_{sdp}}$, $\max_{new} = \max_{old} = 250 \text{ mg/m}^3_{n^3_{sdp}}$) se može zadržati i valjan je u rasponu od 0 mg/m^3_{ref} do 20 mg/m^3_{ref} .

3.1.5. Mjerenje NO_x uređajem Siemens ULTRAMAT 23

Na sl. 16 je prikazan postojeći i novi regresijski pravac određen na temelju rezultata petnaest (M1-M15) valjanih paralelnih mjerenja i jedne dodatne, tzv. surogat točke.



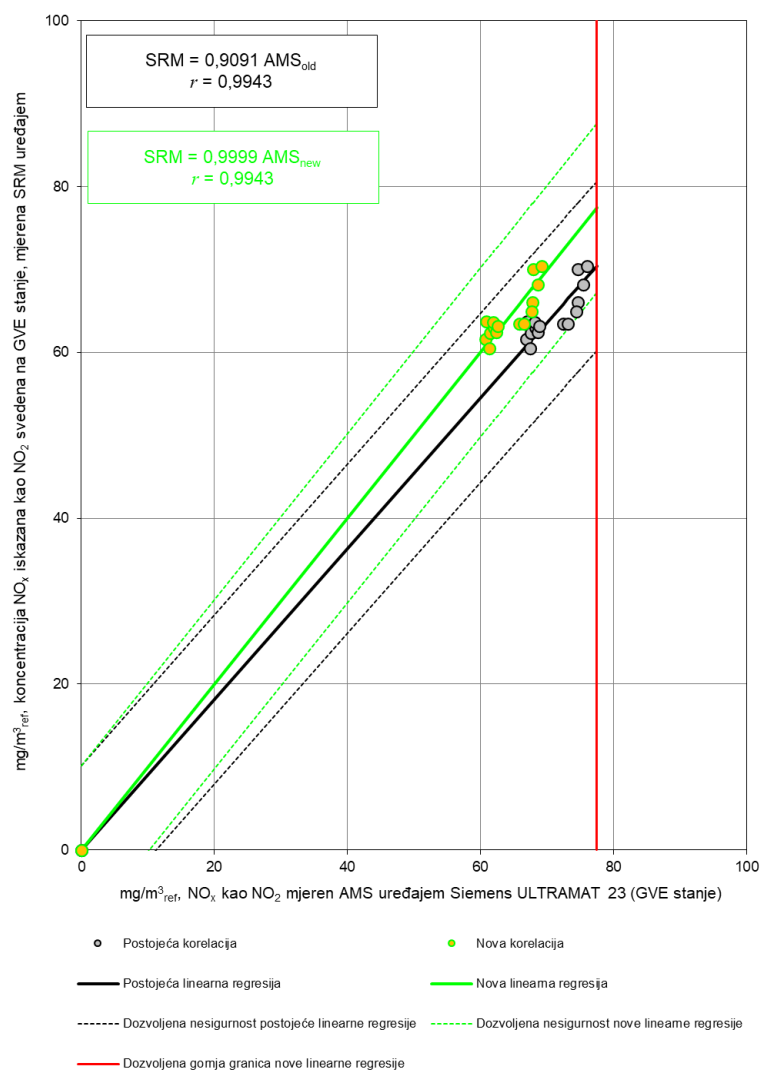
Sl. 14: Odnos postojećeg i novog regresijskog pravca AMS uređaja Siemens ULTRAMAT 23 za mjerenje NO_x

Oba regresijska pravca prolaze kroz nultu točku ($min_{old} = min_{new} = 0 \text{ mg/m}_n^3 \text{ sdp}$). Kako postojeći regresijski pravac ne leži unutar 95 %-tnog intervala pouzdanosti novog regresijskog pravca ($AMS_{new} = 0,9092 \cdot AMS_{old}$), razmotreno je usvajanje novog regresijskog pravca kako je prikazano na sl. 17. Uzimajući u obzir dozvoljenu mjernu nesigurnost ($\sigma_0 = \pm 10,20 \text{ mg/m}_n^3 \text{ ref}$), može se vidjeti da postojeći regresijski pravac u potpunosti leži unutar granica mjerne nesigurnosti novog pravca. Međutim, u emisijsko računalo se zbog značajnog povećanja točnosti trebaju unijeti novi koeficijenti:

$$a_{0_{new}} = a + b \cdot a_{0_{old}} = 0 \text{ mg/m}_n^3 \text{ sdp} + 0,9092 \cdot 0 \text{ mg/m}_n^3 \text{ sdp} = 0 \text{ mg/m}_n^3 \text{ sdp},$$

$$a_{1_{new}} = b \cdot a_{1_{old}} = 0,9092 \cdot 1,53 = 1,391.$$

Kod svođenja emisije NO_x (NO_x kao NO) izmjerenih AMS uređajem Siemens ULTRAMAT 23 na referentne uvjete (NO_x iskazan kao NO_2) korištene su vrijednosti O_2 mjerene SRM uređajem. U tab. 12 su dani rezultati testa varijabilnosti nove linearne regresije.



Sl. 15: Dozvoljena mjerna nesigurnost postojeće i nove linearne regresije AMS uređaja Siemens ULTRAMAT 23 za mjerenje NO_x

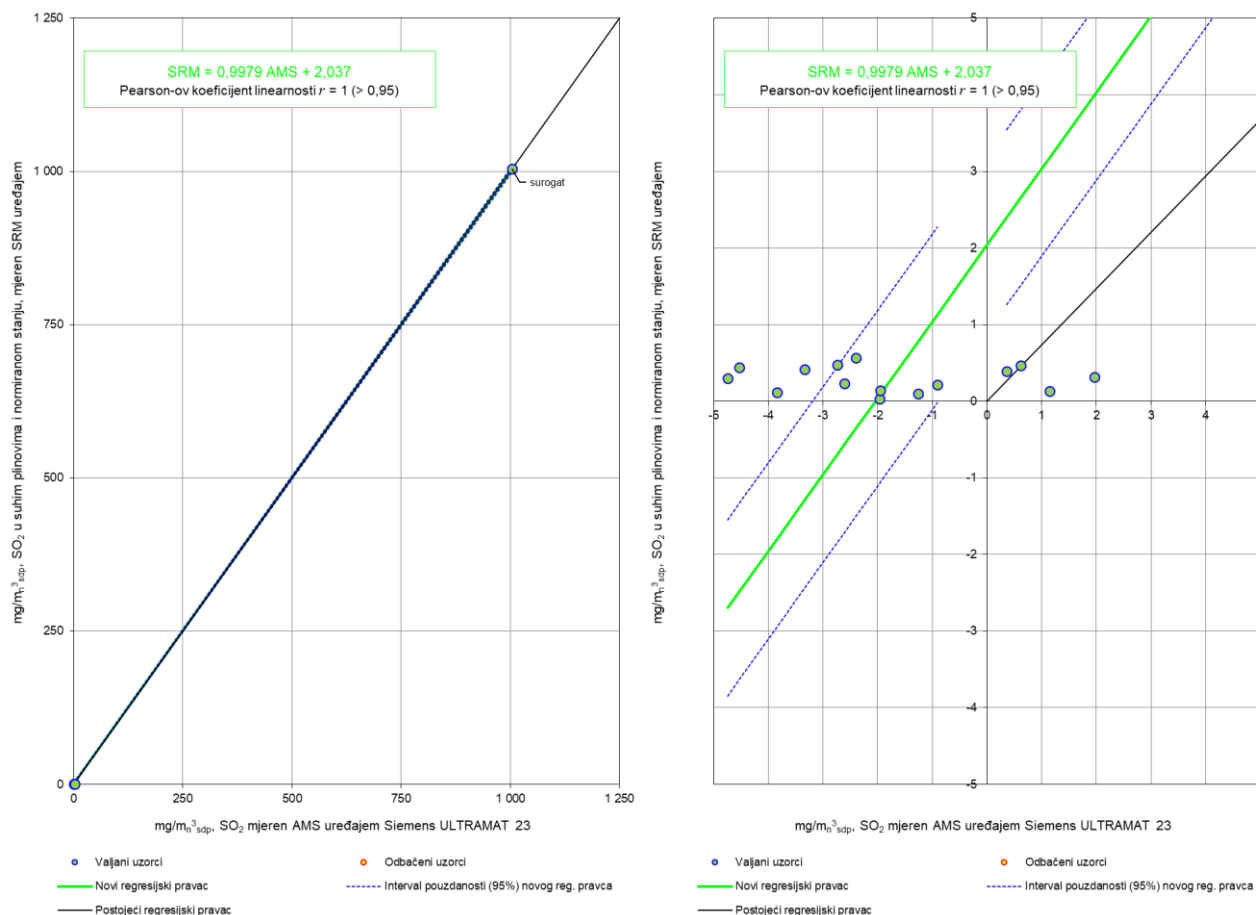
Tab. 11: Test varijabilnosti nove linearne regresije AMS uređaja Siemens ULTRAMAT 23 za mjerenje NO_x

| AMS _{new} = a + b · AMS _{old} AMS _i = a _{0i} + a _{1i} · (NO · 1,53); i ∈ {old, new} | | | | | | QAL2 test varijabilnosti | | | |
|---|-------------------|----------------------------------|--------|----------------------------------|-------------------|-------------------------------|----------------|----------------|---------------------------------|
| | | | | | | $s_D \leq \sigma_0 \cdot k_v$ | | | |
| a _{0old} | a _{1old} | a | b | a _{0new} | a _{1new} | s _D | σ ₀ | k _v | σ ₀ · k _v |
| mg/m ³ _{sdp} | - | mg/m ³ _{sdp} | - | mg/m ³ _{sdp} | - | 1,82 | 10,20 | 0,98 | 9,96 |
| 0 | 1,53 | 0 | 0,9092 | 0 | 1,391 | Zadovoljava | | | |

Kao što se vidi iz tab. 12, nova linearna regresija AMS uređaja Siemens ULTRAMAT 23 za mjerenje NO_x u suhim dimnim plinovima uspješno prolazi test varijabilnosti. Novi regresijski pravac ($a_{0new} = 0 \text{ mg/m}^3_{sdp}$, $a_{1new} = 1,391$) je valjan je u rasponu od 0 mg/m³_{ref} do 78 mg/m³_{ref}.

3.1.6. Mjerenje SO₂ uređajem Siemens ULTRAMAT 23

Na sl. 16 je prikazan postojeći i novi regresijski pravac određen na temelju rezultata petnaest (M1-M15) valjanih paralelnih mjerenja i jedne dodatne, tzv. surogat točke.



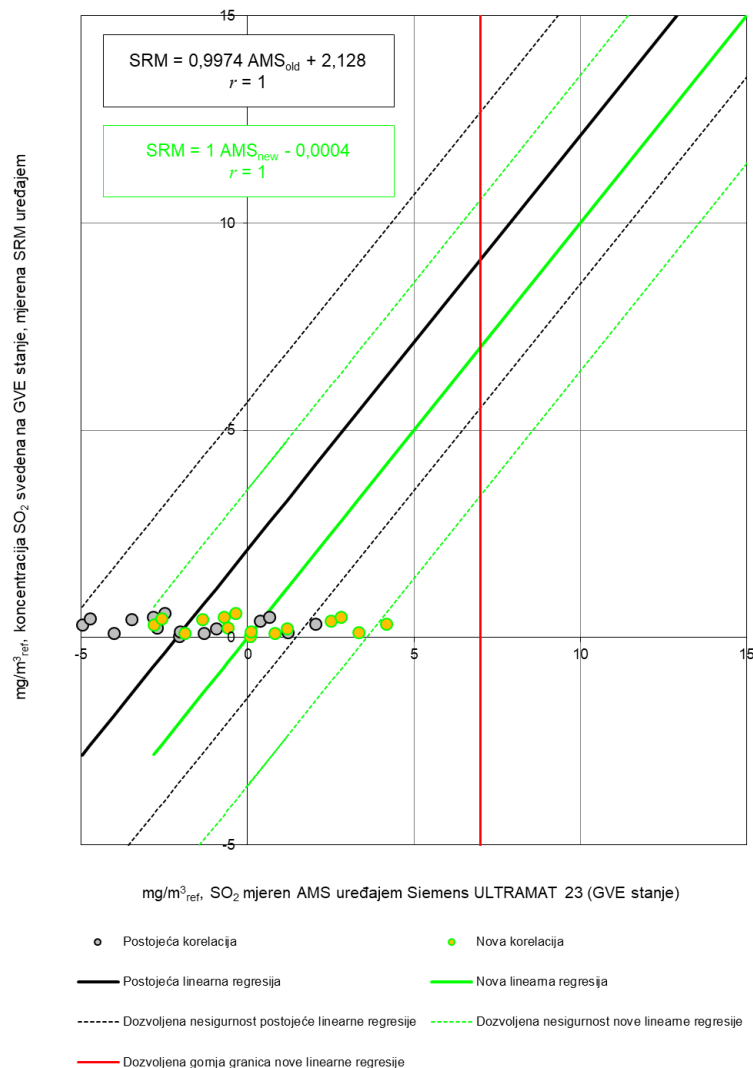
Sl. 16: Odnos postojećeg i novog regresijskog pravca AMS uređaja Siemens ULTRAMAT 23 za mjerenje SO₂

Oba regresijska pravca prolaze kroz nultu točku ($min_{old} = min_{new} = 0 \text{ mg/m}^3_{sdp}$). Kako postojeći regresijski pravac ne leži unutar 95 %-tnog intervala pouzdanosti novog regresijskog pravca ($AMS_{new} = 2,037 + 0,9979 \cdot AMS_{old}$), razmotreno je usvajanje novog regresijskog pravca kako je prikazano na sl. 17. Uzimajući u obzir dozvoljenu mjernu nesigurnost ($\sigma_0 = \pm 3,57 \text{ mg/m}^3_{ref}$), može se vidjeti da postojeći regresijski pravac u potpunosti leži unutar granica mjerne nesigurnosti novog pravca. Prema tome, postojeći regresijski pravac se može zadržati te stoga vrijedi:

$$a_{0_{new}} = a_{0_{old}} = 0 \text{ mg/m}^3_{sdp},$$

$$a_{1_{new}} = a_{1_{old}} = 0,88.$$

Kod svođenja emisije SO₂ izmjerenih AMS uređajem Siemens ULTRAMAT 23 na referentne uvjete korištene su vrijednosti O₂ mjerene SRM uređajem. U tab. 12 su dani rezultati testa varijabilnosti postojeće linearne regresije.



Sl. 17: Dozvoljena mjerna nesigurnost postojeće i nove linearne regresije AMS uređaja Siemens ULTRAMAT 23 za mjerenje SO₂

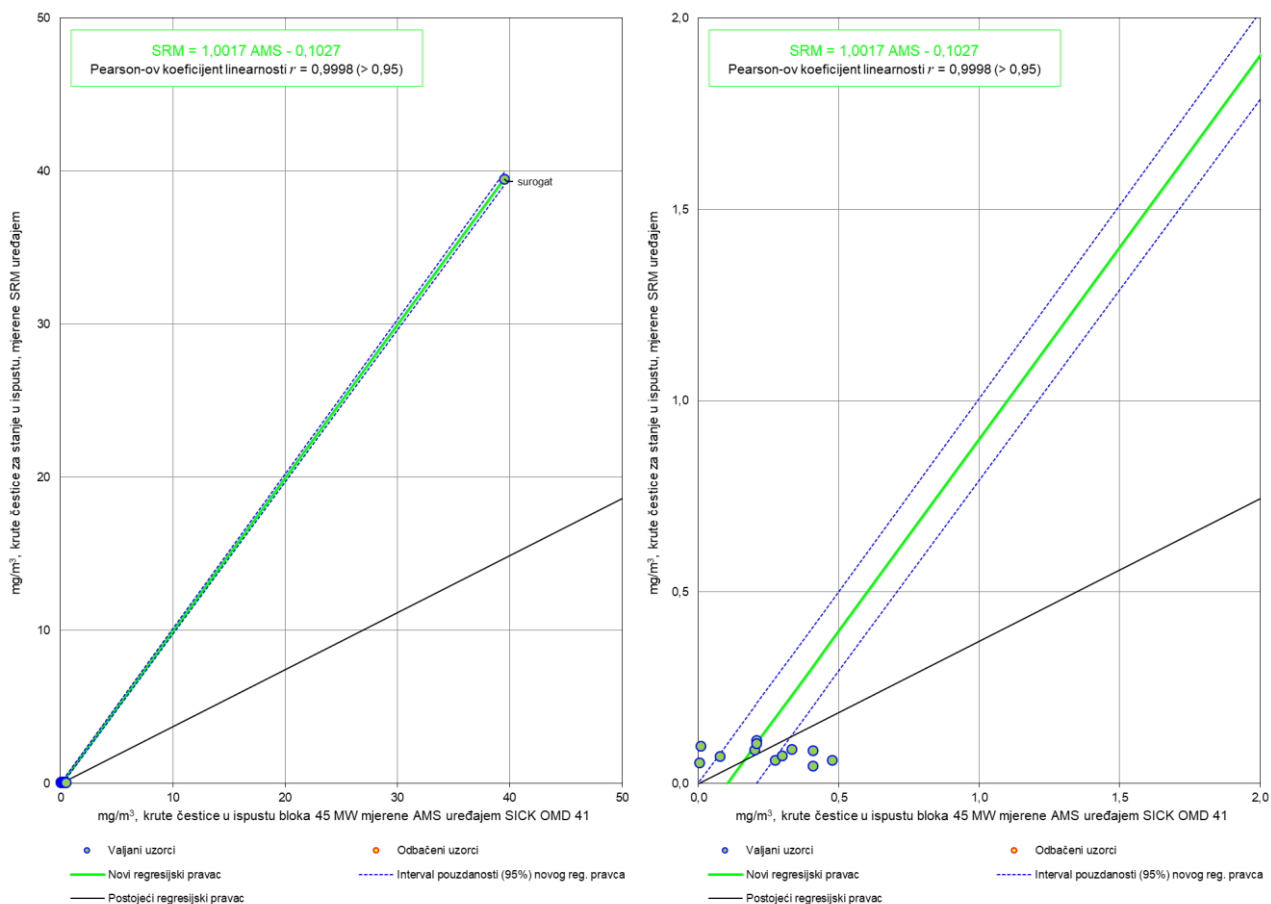
Tab. 12: Test varijabilnosti postojeće linearne regresije AMS uređaja Siemens ULTRAMAT 23 za mjerenje SO₂

| $AMS_{new} = a + b \cdot AMS_{old}$ $AMS_i = a_{o_i} + a_{1_i} \cdot SO_2; i \in \{old, new\}$ | | | | | | QAL2 test varijabilnosti | | | |
|---|---------------|----------------------------------|-----|----------------------------------|---------------|-------------------------------|------------|-------|----------------------|
| | | | | | | $s_D \leq \sigma_0 \cdot k_v$ | | | |
| $a_{o_{old}}$ | $a_{1_{old}}$ | a | b | $a_{o_{new}}$ | $a_{1_{new}}$ | s_D | σ_0 | k_v | $\sigma_0 \cdot k_v$ |
| mg/m ³ _{sdp} | - | mg/m ³ _{sdp} | - | mg/m ³ _{sdp} | - | 2,17 | 3,57 | 0,98 | 3,49 |
| 0 | 0,88 | 0 | 1 | 0 | 0,88 | Zadovoljava | | | |

Kao što se vidi iz tab. 12, postojeća linearna regresija AMS uređaja Siemens ULTRAMAT 23 za mjerenje SO₂ u suhim dimnim plinovima uspješno prolazi test varijabilnosti. Postojeći regresijski pravac ($a_{o_{new}} = 0$ mg/m³_{sdp}, $a_{1_{new}} = 0,88$) se može zadržati i valjan je u rasponu od 0 mg/m³_{ref} do 7 mg/m³_{ref}.

3.1.7. Mjerenje PM uređajem SICK OMD 41

Na sl. 16 je prikazan postojeći i novi regresijski pravac određen na temelju rezultata petnaest (M1-M15) valjanih paralelnih mjerenja i jedne dodatne, tzv. surogat točke.



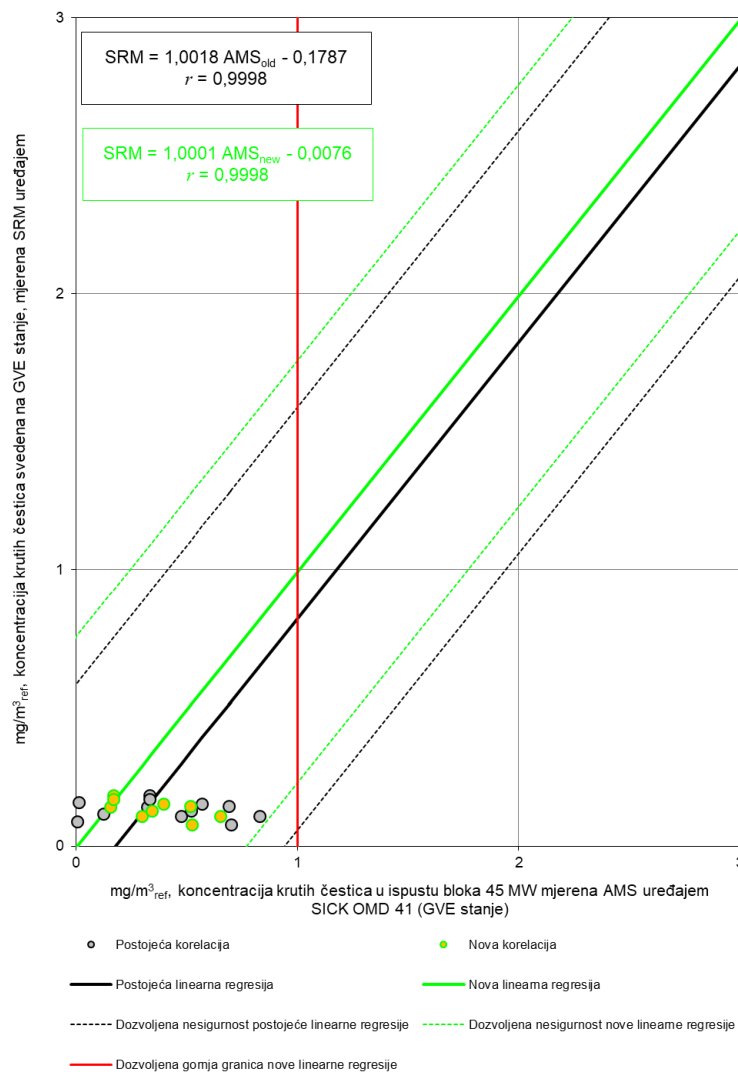
Sl. 18: Odnos postojećeg i novog regresijskog pravca AMS uređaja SICK OMD 41 za mjerenje PM

Oba regresijska pravca prolaze kroz nultu točku ($\min_{\text{old}} = \min_{\text{new}} = 0 \text{ mg/m}^3_{\text{sdp}}$). Kako postojeći regresijski pravac ne leži unutar 95 %-tnog intervala pouzdanosti novog regresijskog pravca ($\text{AMS}_{\text{new}} = -0,1027 + 1,0017 \cdot \text{AMS}_{\text{old}}$), razmotreno je usvajanje novog regresijskog pravca kako je prikazano na sl. 17. Uzimajući u obzir dozvoljenu mjernu nesigurnost ($\sigma_0 = \pm 0,77 \text{ mg/m}^3_{\text{ref}}$), može se vidjeti da postojeći regresijski pravac u potpunosti leži unutar granica mjerne nesigurnosti novog pravca. Prema tome, postojeći regresijski pravac se može zadržati te stoga vrijedi:

$$a_{0_{\text{new}}} = a_{0_{\text{old}}} = 0 \text{ mg/m}^3_{\text{isp}},$$

$$a_{1_{\text{new}}} = a_{1_{\text{old}}} = 131,75 \text{ mg/m}^3_{\text{isp}}.$$

Kod svođenja emisije krutih čestica izmjerenih AMS uređajem SICK OMD 41 na referentne uvjete korištene su vrijednosti pomoćnih veličina mjerene SRM uređajima (p , ϑ , O_2 i H_2O). U tab. 12 su dani rezultati testa varijabilnosti postojeće linearne regresije.



Sl. 19: Dozvoljena mjerna nesigurnost postojeće i nove linearne regresije AMS uređaja SICK OMD 41 za mjerenje PM

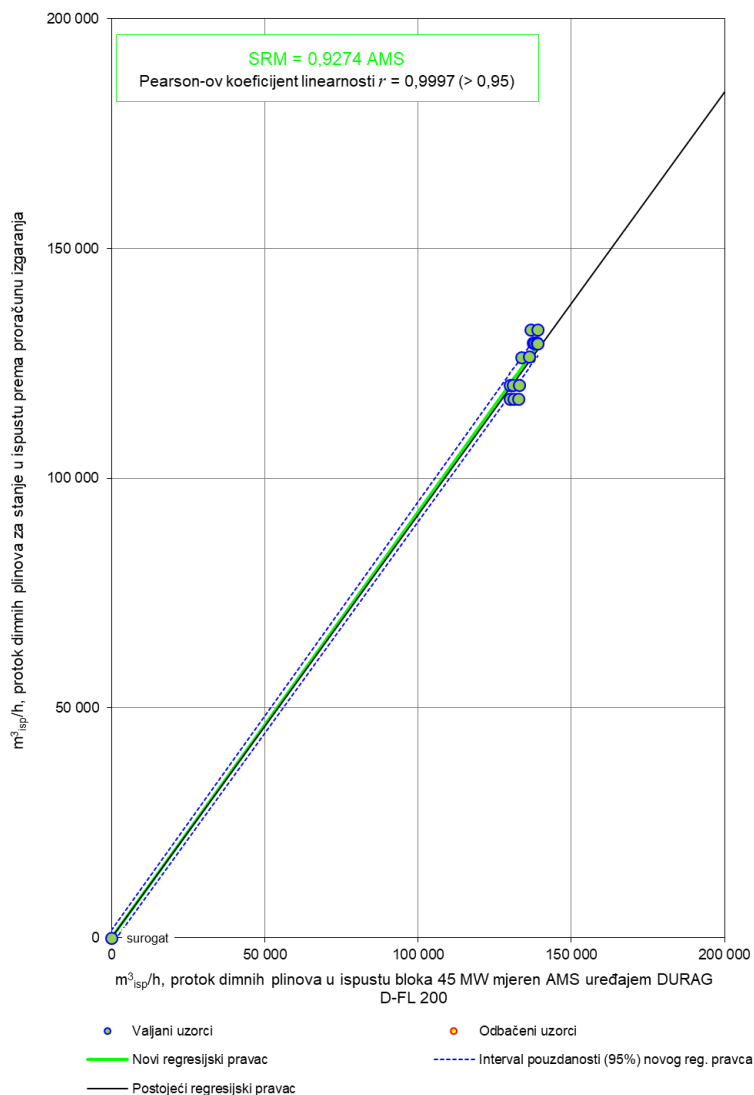
Tab. 13: Test varijabilnosti postojeće linearne regresije AMS uređaja Siemens SICK OMD 41 za mjerenje PM

| $AMS_{new} = a + b \cdot AMS_{old}$ | | | | | | QAL2 test varijabilnosti | | | |
|---|----------------------------------|----------------------------------|-----|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------|-------|----------------------|
| $AMS_i = a_{0i} + a_{1i} \cdot E; i \in \{old, new\}$ | | | | | | $s_D \leq \sigma_0 \cdot k_v$ | | | |
| a_{0old} | a_{1old} | a | b | a_{0new} | a_{1new} | s_D | σ_0 | k_v | $\sigma_0 \cdot k_v$ |
| mg/m ³ _{isp} | mg/m ³ _{isp} | mg/m ³ _{isp} | - | mg/m ³ _{isp} | mg/m ³ _{isp} | 0,32 | 0,77 | 0,98 | 0,75 |
| 0 | 131,75 | 0 | 1 | 0 | 131,75 | Zadovoljava | | | |

Kao što se vidi iz tab. 12, postojeća linearna regresija AMS uređaja SICK OMD 41 za mjerenje PM u suhim dimnim plinovima uspješno prolazi test varijabilnosti. Postojeći regresijski pravac ($a_{0new} = 0 \text{ mg/m}^3_{isp}$, $a_{1new} = 131,75 \text{ mg/m}^3_{isp}$) se može zadržati i valjan je u rasponu od 0 mg/m^3_{ref} do 1 mg/m^3_{ref} .

3.1.8. Mjerenje brzine i protoka uređajem DURAG D-FL 200

Na sl. 20 je prikazan postojeći i novi regresijski pravac određen na temelju rezultata petnaest (M1-M15) valjanih paralelnih mjerenja i jedne dodatne, tzv. surogat točke.



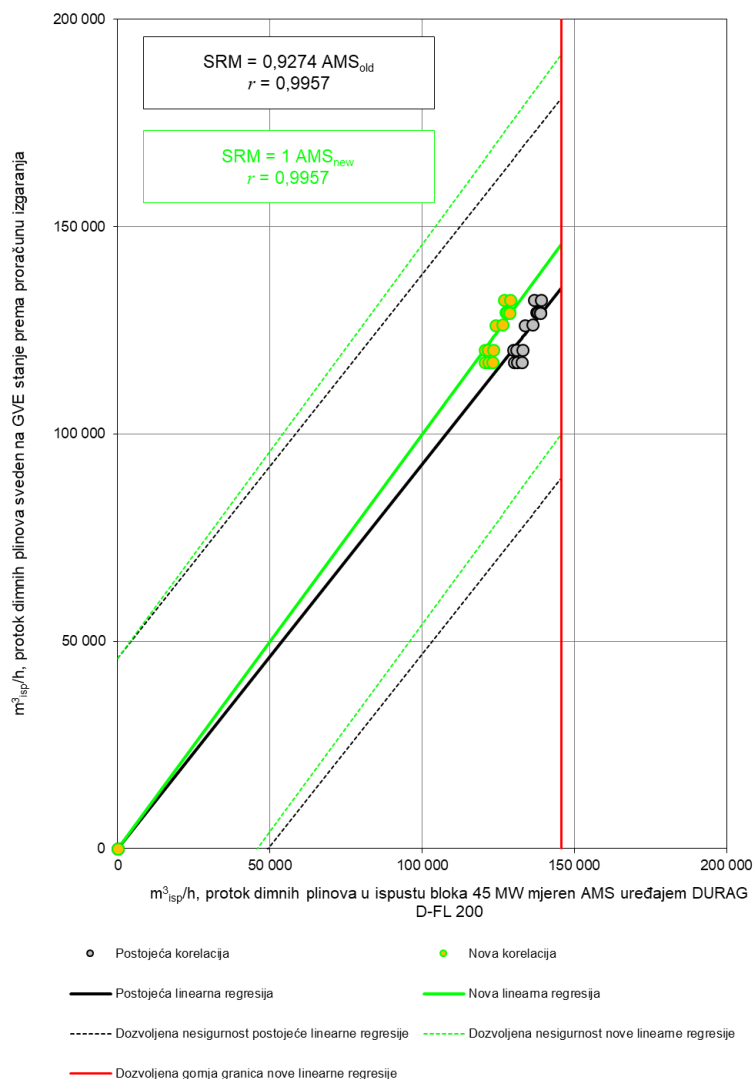
Sl. 20: Odnos postojećeg i novog regresijskog pravca AMS uređaja DURAG D-FL 200 za mjerenje brzine i protoka dimnih plinova

Oba regresijska pravca prolaze kroz nultu točku ($a_{0_{old}} = a_{0_{new}} = 0 m^3_{isp}/h$). Kako postojeći regresijski pravac ne leži unutar 95 %-tnog intervala pouzdanosti novog regresijskog pravca ($AMS_{new} = 0,9274 \cdot AMS_{old}$), razmotreno je usvajanje novog regresijskog pravca kako je prikazano na sl. 21. Uzimajući u obzir dozvoljenu mjernu nesigurnost ($\sigma_0 = \pm 45\,845 m^3_{isp}/h$), može se vidjeti da postojeći regresijski pravac u potpunosti leži unutar granica mjerne nesigurnosti novog pravca. Prema tome, postojeći regresijski pravac se može zadržati te stoga vrijedi:

$$a_{0_{new}} = a_{0_{old}} = 0 m^3_{isp}/h,$$

$$a_{1_{new}} = a_{1_{old}} = 1,0023.$$

U tab. 14 su dani rezultati testa varijabilnosti postojeće linearne regresije.



Sl. 21: Dozvoljena mjerna nesigurnost postojeće i nove linearne regresije AMS uređaja DURAG D-FL 200 za mjerenje brzine i protoka dimnih plinova

Tab. 14: Test varijabilnosti postojeće linearne regresije AMS uređaja DURAG D-FL 200 za mjerenje brzine i volumnog protoka dimnih plinova

| $AMS_{new} = a + b \cdot AMS_{old}$ | | | | | | QAL2 test varijabilnosti | | | |
|---|---------------|---------------|-----|---------------|---------------|-------------------------------|------------|-------|----------------------|
| $AMS_i = a_{o_i} + a_{1_i} \cdot q; i \in \{old, new\}$ | | | | | | $s_D \leq \sigma_0 \cdot k_v$ | | | |
| $a_{o_{old}}$ | $a_{1_{old}}$ | a | b | $a_{o_{new}}$ | $a_{1_{new}}$ | s_D | σ_0 | k_v | $\sigma_0 \cdot k_v$ |
| m^3_{isp}/h | - | m^3_{isp}/h | - | m^3_{isp}/h | - | 2 874 | 45 845 | 0,98 | 44 750 |
| 0 | 1,0023 | 0 | 1 | 0 | 1,0023 | Zadovoljava | | | |

Kao što se vidi iz tab. 14, postojeća linearna regresija AMS uređaja DURAG D-FL 200 za mjerenje brzine i volumnog protoka dimnih plinova uspješno prolazi test varijabilnosti. Postojeći regresijski pravac ($a_{0_{new}} = 0 \text{ m}^3_{isp}/h$, $a_{1_{new}} = 1,0023$) se može zadržati i valjan je u rasponu od $0 \text{ m}^3_{isp}/h$ do $145 653 \text{ m}^3_{isp}/h$.

4. ZAKLJUČAK

Umjeravanje uređaja za kontinuirano mjerenje emisija u zrak iz ispusta dimnih plinova bloka 45 MW TE-TO Osijek provedeno je sukladno postupku QAL2 norme HRN EN 14181:2014. Kako bi se osigurala potrebna kvaliteta mjerenja QAL2 postupak obuhvaća: provjeru ispravnosti ugradnje, funkcionalnu provjeru, umjeravanje i određivanje varijabilnosti. Zadaća uspostave propisane kvalitete mjerenja QAL2 postupkom zasniva se na određivanju funkcije umjeravanja i provođenju testa varijabilnosti kojim se utvrđuje zadovoljava li umjereni AMS uređaj zakonom propisanu proširenu mjernu nesigurnost. Kako bi uređaji automatskog mjernog sustava bili umjereni potrebno je provesti radnje dane u tab. 15.

Tab. 15: Rezultati umjeravanja uređaja AMS bloka 45 MW TE-TO Osijek

| Mjereni veličina | Postojeće postavke sustava | Novi postavke sustava | Napomena |
|---|---|---|--------------------------------------|
| Vlažnost plinova H_2O | $H_2O = 11,48 + \frac{56,56 \cdot q_P}{11,614 \cdot q_P + 13\ 666 \cdot q_M}$ | $H_2O = 11,48 + \frac{56,56 \cdot q_P}{11,614 \cdot q_P + 13\ 666 \cdot q_M}$ | Ne treba mijenjati postavke uređaja. |
| Temperatura dimnih plinova ϑ | $\vartheta = 29,085 \cdot (mA)$ | $\vartheta = 29,085 \cdot (mA)$ | Ne treba mijenjati postavke uređaja. |
| Kisik O_2 | $O_2 = (1,3125 \cdot (mA) - 5,25) \cdot 1$ | $O_2 = (1,3125 \cdot (mA) - 5,25) \cdot 0,813$ | |
| Ugljikov monoksid CO | $CO = 15,625 \cdot (mA) - 62,5$ | $CO = 15,625 \cdot (mA) - 62,5$ | Ne treba mijenjati postavke uređaja. |
| Dušikovi oksidi NO_x | $NO_x = (62,5 \cdot (mA) - 250) \cdot 1,53$ | $NO_x = (62,5 \cdot (mA) - 250) \cdot 1,391$ | |
| Sumporov dioksid SO_2 | $SO_2 = (93,75 \cdot (mA) - 375) \cdot 0,88$ | $SO_2 = (93,75 \cdot (mA) - 375) \cdot 0,88$ | Ne treba mijenjati postavke uređaja. |
| Krute čestice PM | $PM = (0,01875 \cdot (mA) - 0,075) \cdot 131,75$ | $PM = (0,01875 \cdot (mA) - 0,075) \cdot 131,75$ | Ne treba mijenjati postavke uređaja. |
| Protok dimnih plinova Q | $Q = (31\ 250 \cdot (mA) - 125\ 000) \cdot 1,0023$ | $Q = (31\ 250 \cdot (mA) - 125\ 000) \cdot 1,0023$ | Ne treba mijenjati postavke uređaja. |

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> NN 42/2021). Na primjer, za ispušni blok 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. |
| % _{sdp} | volumni udio u suhom plinu pri sadržaju O_2 mjenom u ispustu iskazan u postotku. |
| % _{vdp} | 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^{-4} %. |
| SL | engl. <i>scattered light</i> , raspršena svjetlost. |
| SRM | engl. <i>Standard Reference Method</i> , Standardna Referentna Metoda. |

- in-situ lat. *in situ*; engl. *in place*, 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 (u točki, liniji ili djelu volumena) unutar kanala (ispusta).
- s_D standardna devijacija razlika vrijednosti izmjerenih AMS i SRM uređajima.
- σ_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).

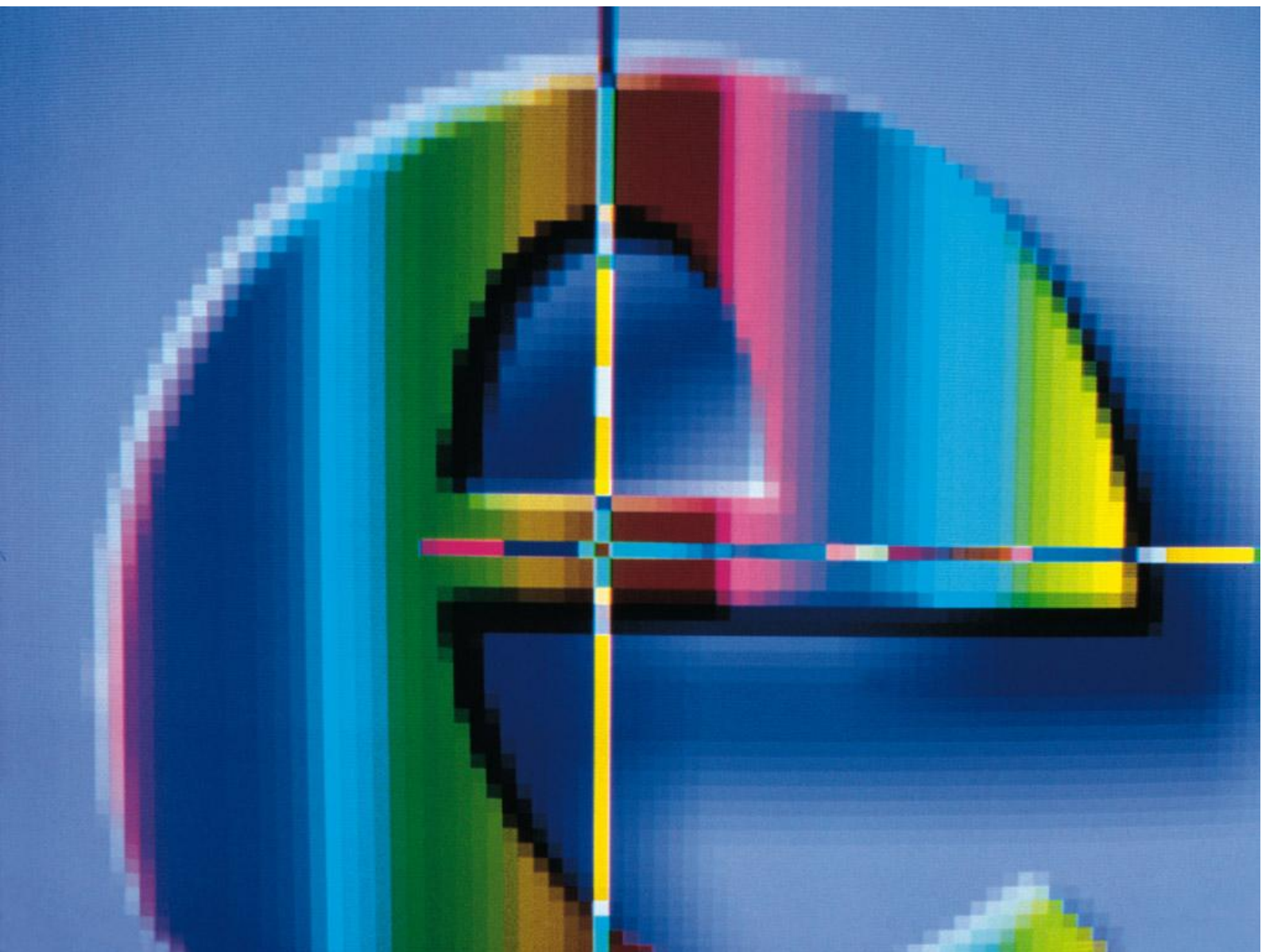
POJMOVNIK

- 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, uspostavljajući 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 umjeravanju. 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 otklonu 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 u zrak iz ispusta bloka 45 MW TE-TO Osijek, EKONERG -
Laboratorij za mjerenje emisija, izvještaj L1-I-02-2234_29/26, 27. veljače 2026.

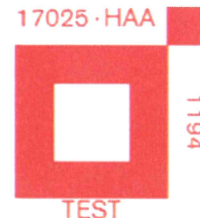
**IZVJEŠTAJ O MJERENJU
EMISIJA U ZRAK IZ ISPUSTA
BLOKA 45 MW TE-TO OSIJEK**



Zagreb, 2026.



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_29/26
Oznaka izvještaja: L1-I-02-2234_29/26
Plan mjerenja: L1-I-02-2234_29/26-P

Naslov:

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

Ispitivanja proveli: Andrej Slavica, mag. ing. mech.
Borna Glückselig, mag. ing. agr.
Darko Glückselig, teh.

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

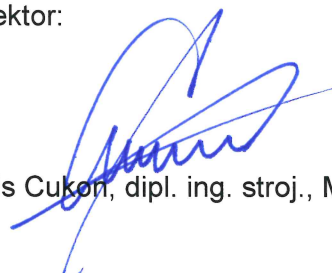
Voditelj Laboratorija za mjerenje emisija: 
Mato Papić, dipl. ing. univ. spec.

Direktor Odjela za mjerenje i analitiku:



Bojan Abramović, dipl. ing. stroj.

Direktor:



Elvis Cukon, dipl. ing. stroj., MBA

Zagreb, 27. 2. 2026.



SADRŽAJ

| | |
|--|----------|
| 1. OSNOVNI PODATCI O IZVOĐAČU MJERENJA..... | 2 |
| 2. OSNOVNI PODATCI I TEHNIČKE ZNAČAJKE IZVORA ONEČIŠĆENJA | 2 |
| 3. OPSEG MJERENJA | 2 |
| 4. PRIMIJENJENE METODE I MJERNI UREĐAJI | 3 |
| 4.1. MJERENJE SASTAVA PLINOVA..... | 3 |
| 4.2. ODREĐIVANJE VOLUMNOG UDJELA VODENE PARE..... | 3 |
| 4.3. MJERENJE MASENE KONCENTRACIJE KRUTIH ČESTICA..... | 4 |
| 4.4. MJERENJE BRZINE PLINOVA | 4 |
| 4.5. MJERENJE TEMPERATURE PLINOVA | 4 |
| 4.6. TLAK PLINOVA U ISPUSTU | 4 |
| 4.7. BAROMETARSKI TLAK I TEMPERATURA OKOLINE | 4 |
| 5. REŽIMI RADA ZA VRIJEME MJERENJA..... | 5 |
| 6. REZULTATI MJERENJA | 5 |
| 6.1. TEST HOMOGENOSTI..... | 5 |
| 6.2. REZULTATI PARALELNIH KONTROLNIH MJERENJA | 6 |

PRILOG

B. Plan mjerenja.



1. OSNOVNI PODATCI O IZVOĐAČU MJERENJA

Mjerenje emisija 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*¹ 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).

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_x 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 umjeravanje uređaja automatskog mjernog sustava za kontinuirano mjerenje emisija koji iz ispusta bloka 45 MW mjere: masenu koncentraciju krutih čestica (*PM*), brzinu (protok), temperaturu plinova, *NO_x*, *O₂*, *SO₂*, *CO*.

Umjeravanje AMS uređaja provodi se sukladno normi HRN EN 14181:2014 prema postupku QAL2 (engl. *Quality Assurance Level 2*) 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/m³), temperatura plinova (*θ*, °C), tlak plinova (*p*, hPa), brzina plinova (*v*, m/s) te su proračunski dobivene vrijednosti volumnog sadržaja vodene pare (*H₂O*, %), a u suhim plinovima je mjereno: volumni udio kisika (*O₂*, %), volumni udio ugljikovog dioksida (*CO₂*, %), volumni udio ugljikovog monoksida (*CO*, ppm), volumni udio dušikovih oksida (*NO_x*, ppm) i volumni udio sumporovog dioksida (*SO₂*, ppm).

¹ Temeljem članka 34. i članka 35. *Zakona o ustrojstvu i djelokrugu tijela državne uprave* NN 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* NN 57/2024, od 16. svibnja 2024. *Ministarstvo zaštite okoliša i zelene tranzicije* preuzima poslove iz djelokruga dosadašnjeg *Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja*.



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

| 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 i E.U. 1.2), hladnjak M&C PSS-5 (lab. oznaka E.U. 29.3 i E.U. 25.3), analizator HORIBA PG-350E (lab. oznaka E.U. 29.1), analizator HORIBA PG-350EU (lab. oznaka E.U. 31.1). |
| SO_2^* | | HRN ISO 7935:1997 | |
| CO^* | | HRN EN 15058:2017 | |
| CO_2^* | | HRN ISO 12039:2020 | |
| NO_x^* | | HRN EN 14792:2017 | |
| krute čestice* | HRN EN 13284-1:2017 | HRN EN 13284-1:2017 | SICK GRAVIMAT SHC 501 (lab. oznaka E.U. 26.1). |
| 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). |
| 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

Analizatori HORIBA PG-350E (lab. oznaka E.U. 29.1) i HORIBA PG-350EU (lab. oznaka E.U. 31.1) mjere volumne udjele CO , CO_2 i SO_2 metodom nedisperzivne infracrvene apsorpcije. Mjerenje volumnog udjela NO i NO_x provodi se metodom kemijske luminiscencije, a mjerenje volumnog udjela O_2 paramagnetskom metodom.

Provjera analizatora plinova PG-350E i PG-350EU referentnim plinovima vršena je dva puta dnevno, 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 zraka² te izvještaj o kvaliteti prirodnog plina distribucijskog sustava tvrtke PLINACRO d.o.o. (www.plinacro.hr).

² Podatci o stanju okolišnog zraka (temperatura, tlak i relativna vlažnost) prikupljeni su s automatske mjerne postaje Osijek, ATO - IOSIJE10 (<https://www.wunderground.com>).



4.3. MJERENJE MASENE KONCENTRACIJE KRUTIH ČESTICA

Mjerenja masenih koncentracija krutih čestica u 20 točaka poprečnog mjernog presjeka provedena su prema normi HRN EN 13284-1:2017 uređajem SICK GRAVIMAT SHC 501 (lab. oznaka E.U. 26.1).

Prije i nakon mjerenja provedeno je sušenje i vaganje mjernih sisaljki s filtarskim papirom u istim uvjetima (temperatura sušenja 180 °C, temperiranje u eksikatoru). Pored sisaljki s filtarskim papirom koje su korištene za mjerenje, svaki put su sušene i vagane dodatne tri sisaljke (iz svakog korištenog kompleta) s filtarskim papirom koje služe kao etalon za određivanje točnosti postupka sušenja i vaganja.

U sklopu svake serije mjerenja u ispuštima vršene su i tzv. slijepa probe. Slijepa proba se provodi radi procjene sistematske pogreške nastale onečišćenjem uzorka tijekom manipulacije (dva vaganja, transport, umetanje i vađenje sisaljke i filtra).

4.4. 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 s tri otvora za određivanje brzine strujanja i kuta nastrujavanja.

4.5. 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 osjetnikom Pt100 koji je sastavni dio uređaja SICK GRAVIMAT SHC 501 (lab. oznaka E.U. 26.1).

4.6. 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,
- ρ , kg/m³; gustoća vlažnih dimnih plinova kod stanja u ispuštu. Gustoća je funkcija od sastava vlažnih dimnih plinova te tlaka (p) i temperature (ϑ) u ispuštu.

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

4.7. 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).



5. REŽIMI RADA ZA VRIJEME MJERENJA

Emisijska mjerenja iz ispusta dimnih plinova bloka 45 MW provedena su tijekom 10., 11., i 12. veljače 2026. godine. 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 | Proizvodnja svježe pare kotla WBK 2 | Stanje okoline | |
|-----------------|--------------------------------|-------|-------|---------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------|----|
| | datum | od | do | | | | p | θ |
| | | | | | t/h | t/h | hPa | °C |
| M1 | 10. 2. 2026. | 13:50 | 15:04 | prirodni plin | 86,0 | - | 998 | 17 |
| M2 | | 15:20 | 16:30 | | 91,0 | - | 997 | 17 |
| M3 | | 16:35 | 17:46 | | 91,1 | - | 997 | 17 |
| M4 | 12. 2. 2026. | 9:05 | 10:14 | | 82,2 | - | 989 | 16 |
| M5 | | 10:20 | 11:29 | | 84,5 | - | 989 | 18 |
| M6 | | 11:35 | 12:44 | | 82,0 | - | 988 | 20 |
| M7 | | 12:50 | 14:01 | | 81,9 | - | 987 | 21 |
| M8 | | 14:05 | 15:14 | | 82,9 | - | 986 | 22 |
| M9 | | 15:21 | 16:31 | | 82,3 | - | 986 | 22 |
| M10 | 12. 2. 2026. | 8:50 | 10:01 | | 84,7 | - | 980 | 20 |
| M11 | | 10:05 | 11:14 | | 83,6 | - | 979 | 18 |
| M12 | | 11:20 | 12:30 | | 83,4 | - | 978 | 22 |
| M13 | | 12:35 | 13:44 | | 81,3 | - | 977 | 23 |
| M14 | | 13:50 | 15:00 | | 81,8 | - | 976 | 24 |
| M15 | | 15:05 | 16:17 | | 80,3 | - | 976 | 24 |

6. REZULTATI MJERENJA

6.1. TEST HOMOGENOSTI

Svako mjerenje koncentracije plinovitih tvari (kao što su: O_2 , CO_2 , H_2O , SO_x , NO_x i CO) može se provoditi u jednoj reprezentativnoj točki poprečnog presjeka ako je sastav dimnih plinova homogen. Inače, mjerenje se mora provoditi u mreži točaka. Stoga je prije mjerenja u ispustu proveden test homogenosti sukladno normi HRN 15259:2008 (uz dodatak engl. *prevent „false fail“ of the homogeneity test; Method Implementation Document for EN 15259; Environment Agency, Version 1.2, January 2012*).

Test homogenosti po poprečnom presjeku (mreži od 20 točaka) zajedničkog dimovodnog kanala bloka 45 MW proveden je 10. veljače 2026. godine (mjerenje M1). Prema rezultatima danim u tab. 3, sastav dimnih plinovima po poprečnom presjeku je homogen.

Tab. 3: Test homogenosti volumnih udjela O_2 i CO_2 u suhim dimnim plinovima

| Postrojenje: | | TE-TO Osijek - blok 45 MW | | | | | |
|--|-------------------------|--|-----------|--------------|--|-----------|--------------|
| Dan: | | 10. veljača 2026. | | | | | |
| Vrijeme: | | 13:50:00 do 15:04:00 | | | | | |
| Oznaka mjerne točke | Redni broj mjerne točke | O_2 (% $_{v/v}$ sdp) | | mreža / ref. | CO_2 (% $_{v/v}$ sdp) | | mreža / ref. |
| | | mreža | refer. | % | mreža | refer. | % |
| A1 | 1 | 3,81 | 3,86 | 98,6 | 9,96 | 9,81 | 101,6 |
| A2 | 2 | 3,86 | 3,87 | 99,8 | 9,92 | 9,80 | 101,2 |
| A3 | 3 | 3,79 | 3,86 | 98,1 | 9,97 | 9,81 | 101,6 |
| A4 | 4 | 3,88 | 3,85 | 100,8 | 9,92 | 9,82 | 101,0 |
| A5 | 5 | 4,13 | 3,81 | 108,4 | 9,77 | 9,84 | 99,3 |
| D1 | 6 | 3,77 | 3,82 | 98,7 | 9,97 | 9,84 | 101,3 |
| D2 | 7 | 3,76 | 3,81 | 98,9 | 9,98 | 9,85 | 101,4 |
| D3 | 8 | 3,82 | 3,82 | 99,9 | 9,95 | 9,84 | 101,1 |
| D4 | 9 | 3,88 | 3,80 | 102,1 | 9,91 | 9,85 | 100,6 |
| D5 | 10 | 4,05 | 3,83 | 105,8 | 9,82 | 9,83 | 99,9 |
| C1 | 11 | 3,82 | 3,80 | 100,6 | 9,91 | 9,86 | 100,6 |
| C2 | 12 | 3,82 | 3,78 | 100,9 | 9,94 | 9,86 | 100,7 |
| C3 | 13 | 3,89 | 3,79 | 102,7 | 9,90 | 9,86 | 100,4 |
| C4 | 14 | 3,99 | 3,81 | 104,9 | 9,86 | 9,86 | 100,0 |
| C5 | 15 | 4,07 | 3,77 | 108,1 | 9,81 | 9,87 | 99,3 |
| B1 | 16 | 3,90 | 3,83 | 101,9 | 9,90 | 9,84 | 100,7 |
| B2 | 17 | 3,94 | 3,85 | 102,3 | 9,89 | 9,83 | 100,6 |
| B3 | 18 | 3,96 | 3,83 | 103,5 | 9,88 | 9,84 | 100,4 |
| B4 | 19 | 4,11 | 3,88 | 105,8 | 9,79 | 9,81 | 99,9 |
| B5 | 20 | 4,14 | 3,87 | 106,9 | 9,77 | 9,81 | 99,6 |
| Srednja vrijednost | | 3,92 | 3,83 | 102,4 | 9,89 | 9,84 | 100,6 |
| Standardna devijacija | | $S_{mreža}$ | S_{ref} | 102,4 | $S_{mreža}$ | S_{ref} | 100,6 |
| | | 0,1240 | 0,0323 | | 0,0670 | 0,0213 | |
| Kriterij homogenosti % | | 0,30 | | | 0,76 | | |
| $S_{mreža}$ % | | 0,12 | | | 0,07 | | |
| Uvjet homogenosti $S_{mreža} \leq$ kriterij homogenosti | | homogeno | | | homogeno | | |
| Zahtijevani način mjerenja | | Mjeri u odabranoj (reprezentativnoj) točki | | | Mjeri u odabranoj (reprezentativnoj) točki | | |

6.2. REZULTATI PARALELNIH KONTROLNIH MJERENJA

10., 11., i 12. veljače 2026. godine u ispustu dimnih plinova bloka 45 MW izvršeno je petnaest mjerenja (M1-M15): temperature (ϑ), tlaka (p), brzine dimnih plinova (v), masene koncentracije krutih čestica (PM) te volumnih udjela SO_2 , CO_2 , CO , NO_x i O_2 u suhim dimnim plinovima.

Rezultati mjerenja veličina u ispustu te izračunate vrijednosti sadržaja vlage u dimnim plinovima dani su u tab. 4, a rezultati mjerenja sastava suhih dimnih plinova dani su u tab. 5. Uz vrijednosti svih izmjerenih veličina iskazana je proširena mjerna nesigurnost (uz razinu pouzdanosti od 95 %).

U tab. 6 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:

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



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

$$Q_{\text{ref}} = Q \cdot \frac{273,15}{\vartheta + 273,15} \cdot \frac{p}{1013,25} \cdot \frac{100 \% - H_2O}{100 \%} \cdot \frac{21 \% - O_2}{21 \% - 3 \%} \quad (4)$$

$$Q = v \cdot A, \quad (5)$$

gdje je:

- $C_{n,\text{sdp}}$; mg/m³; 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_{ref} ; mg/m³; 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 %,
- PM ; mg/m³; izmjerena masena koncentracija krutih čestica u vlažnim dimnim plinovima (H_2O) kod temperature (ϑ), tlaka (p) i volumnog udjela kisika (O_2) u ispustu,
- PM_{ref} ; mg/m³; masena koncentracija krutih čestica 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 ; m³/s; izmjereni volumni protok vlažnih dimnih plinova (H_2O) kod temperature (ϑ), tlaka (p) i volumnog udjela kisika (O_2) u ispustu,
- Q_{ref} ; m³/s; volumni protok suhих dimnih 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 ; m²; površina poprečnog mjernog presjeka zajedničkog ispusta dimnih plinova bloka 45 MW prije spoja s betonskim dimnjakom ($A = 8,32 \text{ m}^2$).

Tab. 4: Rezultati mjerenja i izračuna sadržaja vlage u mjernom presjeku

| Mjerenje | ϑ^* | p | v^* | PM^* | H_2O |
|----------|---------------|--------|----------|-------------------|--------|
| | °C | hPa | m/s | mg/m ³ | % |
| M1 | 74 ±1 | 997 ±6 | 4,2 ±0,7 | 0,11 ±0,28 | 16,28 |
| M2 | 74 ±1 | 997 ±6 | 4,4 ±0,7 | 0,09 ±0,26 | 16,38 |
| M3 | 74 ±1 | 996 ±6 | 4,3 ±0,7 | 0,11 ±0,27 | 16,40 |
| M4 | 75 ±1 | 989 ±6 | 3,9 ±0,8 | 0,07 ±0,19 | 16,40 |
| M5 | 74 ±1 | 988 ±6 | 4,0 ±0,7 | 0,07 ±0,19 | 16,52 |
| M6 | 72 ±1 | 987 ±6 | 4,0 ±0,7 | 0,05 ±0,14 | 16,57 |
| M7 | 72 ±1 | 986 ±6 | 4,0 ±0,7 | 0,06 ±0,14 | 16,55 |
| M8 | 72 ±1 | 985 ±6 | 3,9 ±0,7 | 0,10 ±0,29 | 16,61 |
| M9 | 70 ±1 | 985 ±6 | 3,9 ±0,7 | 0,13 ±0,30 | 16,69 |
| M10 | 86 ±1 | 980 ±6 | 4,4 ±0,7 | 0,09 ±0,26 | 16,71 |
| M11 | 89 ±1 | 979 ±6 | 4,3 ±0,7 | 0,09 ±0,27 | 16,65 |
| M12 | 89 ±1 | 978 ±6 | 4,3 ±0,7 | 0,05 ±0,17 | 16,75 |
| M13 | 92 ±1 | 977 ±6 | 4,3 ±0,7 | 0,07 ±0,17 | 16,78 |
| M14 | 92 ±1 | 976 ±6 | 4,3 ±0,7 | 0,06 ±0,13 | 16,70 |
| M15 | 92 ±1 | 976 ±6 | 4,2 ±0,7 | 0,06 ±0,13 | 16,70 |

* Akreditirane metode Laboratorija za mjerenje emisija



Tab. 5: Rezultati mjerenja sastava suhих dimnih plinova

| Mjerenje | O_2^* | CO_2^* | CO^* | NO_x^* kao NO_2 | SO_2^* |
|----------|------------|------------|-------------------|------------------------|-------------------|
| | % | % | mg/m ³ | mg/m ³ | mg/m ³ |
| M1 | 3,82 ±0,63 | 9,84 ±0,52 | 11 ±1 | 65 ±2 | < 0,6 |
| M2 | 3,71 ±0,63 | 9,91 ±0,52 | 15 ±1 | 68 ±2 | < 0,6 |
| M3 | 3,70 ±0,63 | 9,93 ±0,52 | 15 ±1 | 67 ±2 | < 0,6 |
| M4 | 3,80 ±0,63 | 9,79 ±0,52 | 15 ±1 | 63 ±2 | < 0,6 |
| M5 | 3,75 ±0,63 | 9,86 ±0,52 | 16 ±1 | 62 ±2 | < 0,6 |
| M6 | 3,78 ±0,63 | 9,87 ±0,52 | 13 ±1 | 60 ±2 | < 0,6 |
| M7 | 3,90 ±0,63 | 9,81 ±0,52 | 7 ±1 | 60 ±2 | < 0,6 |
| M8 | 3,84 ±0,63 | 9,85 ±0,52 | 7 ±1 | 61 ±2 | < 0,6 |
| M9 | 3,73 ±0,63 | 9,74 ±0,52 | 12 ±1 | 61 ±2 | < 0,6 |
| M10 | 3,69 ±0,63 | 9,73 ±0,52 | 17 ±1 | 61 ±2 | < 0,6 |
| M11 | 3,83 ±0,63 | 9,60 ±0,52 | 9 ±1 | 61 ±2 | < 0,6 |
| M12 | 3,76 ±0,63 | 9,65 ±0,52 | 11 ±1 | 60 ±2 | < 0,6 |
| M13 | 3,79 ±0,63 | 9,65 ±0,52 | 10 ±1 | 58 ±2 | < 0,6 |
| M14 | 3,79 ±0,63 | 9,64 ±0,52 | 9 ±1 | 60 ±2 | < 0,6 |
| M15 | 3,81 ±0,63 | 9,61 ±0,52 | 8 ±1 | 59 ±2 | < 0,6 |

* Akreditirane metode Laboratorija za mjerenje emisija

Tab. 6: Rezultati mjerenja svedeni na referentne uvjete

| Mjerenje | Q_{ref}^* | PM_{ref}^* | CO_{ref}^* | $NO_{x ref}^*$ | $SO_{2 ref}^*$ |
|----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | m ³ /s | mg/m ³ | mg/m ³ | mg/m ³ | mg/m ³ |
| M1 | 21,7 ±3,7 | 0,18 ±0,44 | 12 ±1 | 68 ±3 | < 0,6 |
| M2 | 22,8 ±3,5 | 0,14 ±0,43 | 15 ±1 | 70 ±3 | < 0,6 |
| M3 | 22,3 ±3,6 | 0,17 ±0,43 | 15 ±1 | 70 ±3 | < 0,6 |
| M4 | 19,9 ±3,9 | 0,12 ±0,31 | 16 ±1 | 66 ±3 | < 0,6 |
| M5 | 20,5 ±3,8 | 0,12 ±0,30 | 17 ±1 | 65 ±3 | < 0,6 |
| M6 | 20,6 ±3,8 | 0,08 ±0,23 | 14 ±1 | 63 ±3 | < 0,6 |
| M7 | 20,4 ±3,7 | 0,09 ±0,23 | 8 ±1 | 63 ±3 | < 0,6 |
| M8 | 19,9 ±3,9 | 0,16 ±0,48 | 8 ±1 | 64 ±3 | < 0,6 |
| M9 | 20,2 ±3,9 | 0,20 ±0,48 | 13 ±1 | 64 ±3 | < 0,6 |
| M10 | 21,7 ±3,4 | 0,15 ±0,44 | 18 ±1 | 63 ±3 | < 0,6 |
| M11 | 20,8 ±3,5 | 0,15 ±0,46 | 10 ±1 | 63 ±3 | < 0,6 |
| M12 | 20,9 ±3,5 | 0,08 ±0,30 | 12 ±1 | 62 ±3 | < 0,6 |
| M13 | 20,6 ±3,4 | 0,13 ±0,30 | 11 ±1 | 60 ±3 | < 0,6 |
| M14 | 20,6 ±3,4 | 0,11 ±0,23 | 9 ±1 | 62 ±3 | < 0,6 |
| M15 | 20,1 ±3,5 | 0,11 ±0,23 | 9 ±1 | 62 ±3 | < 0,6 |

* Akreditirane metode Laboratorija za mjerenje emisija

Slijepa proba za mjerenja masene koncentracije krutih čestica M1-M3 provedena 10. veljače 2026. iznosi 0,06 mg/m³ (0,10 mg/m³ pri referentnom stanju). Slijepa proba provedena 11. veljače 2026. za mjerenja M4-M9 iznosi 0,03 mg/m³ (0,05 mg/m³ pri referentnom stanju), a slijepa proba provedena 10. veljače 2026. za mjerenja M10-M15 iznosi 0,02 mg/m³ (0,04 mg/m³ pri referentnom stanju). Vrijednosti slijepih proba zadovoljavaju uvjete propisane poglavljem 9.7 norme HRN EN 13284-1:2017.



PRILOG

B. Plan mjerenja





PLAN MJERENJA EMISIJA ONEČIŠĆUJUĆIH TVARI IZ ISPUSTA BLOKA 45 MW TE-TO OSIJEK

Oznaka plana mjerenja: L1-I-02-2234_29/26-P

Zagreb, 5. 2. 2026.



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

Radni nalog: I-02-2234_29

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 umjeravanja uređaja za kontinuirano mjerenje emisija prema normi HRN EN 14181:2014.



SADRŽAJ

| | |
|--|-----------|
| 1. SVRHA MJERENJA..... | 14 |
| 1.1. NARUČITELJ..... | 14 |
| 1.2. ODGOVORNE OSOBE NARUČITELJA / VLASNIKA..... | 14 |
| 1.3. LOKACIJA MJERENJA..... | 14 |
| 1.4. MJERENA POSTROJENJA..... | 14 |
| 1.5. PLANIRANI TERMIN I UVJETI MJERENJA..... | 14 |
| 1.6. OSOBE KOJE ĆE SUDJELOVATI NA MJERENJU..... | 16 |
| 2. POSTROJENJE..... | 17 |
| 2.1. OPIS POSTROJENJA..... | 17 |
| 2.2. SASTAV GORIVA..... | 17 |
| 2.3. UREĐAJI ZA ODVOĐENJE I SMANJIVANJE EMISIJE OTPADNIH PLINOVA..... | 18 |
| 3. MJERNO MJESTO..... | 18 |
| 3.1.1 Mjerni presjek..... | 20 |
| 4. MJERNE METODE I INSTRUMENTI..... | 20 |
| 4.1. ODREĐIVANJE STANJA OTPADNIH PLINOVA..... | 21 |
| 4.1.1 Emisija krutih čestica, brzina, tlak i temperatura dimnih plinova..... | 21 |
| 4.1.2 Vlažnost plinova..... | 22 |
| 4.2. MJERENJE EMISIJE PLINOVITIH TVARI..... | 22 |



1. SVRHA MJERENJA

Svrha mjerenja emisija onečišćujućih tvari u zrak iz ispusta dimnih plinova bloka 45 MW TE-TO Osijek je umjeravanje uređaja automatskih mjernih sustava (engl. *Automated Measuring System - AMS*) prema postupku QAL2 (engl. *Quality Assurance Level 2*) norme HRN EN 14181:2014. Pregled AMS uređaja dan je u tab. P 1.

Tab. P 1: AMS uređaji ispusta dimnih plinova bloka 45 MW TE-TO Osijek

| Mjerena veličina | | AMS uređaj |
|--------------------------------------|--------------------------|--|
| Vlažni plinovi (stanje u ispustu) | protok (brzina), Q | DURAG D-FL 200 (serijski broj: 1205314) |
| | temperatura, ϑ | termometar Pt100 |
| | krute čestice, PM | SICK OMD 41 (serijski broj: 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) | ugljičkov 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

1.3. LOKACIJA MJERENJA

TE-TO Osijek, 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 u periodu od 10. 2. 2026. do 13. 2. 2026. 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 umjeravanja (QAL2) 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 umjeravanja. Tijekom provjere funkcionalnosti potrebno je provesti aktivnosti navedene u tab. P 2.

Tab. P 2: Aktivnosti prilikom ispitivanja funkcionalnosti prije QAL2 ili 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 umjeravanja (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 1 koji će kao gorivo koristiti isključivo prirodni plin.

Za svako provedeno mjerenje *Naručitelj* će *Izvođaču* predati minutne vrijednosti svih AMS-om 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:

- a) O₂, mA,
- b) CO, mA,
- c) NO, mA,
- d) SO₂, mA,
- e) Q, mA,
- f) PM, mA,
- g) ϑ, mA.



2. „sirove“ minutne prosječne vrijednosti:

- h) O₂, %,
- i) CO, mg/m³,
- j) NO, mg/m³,
- k) SO₂, mg/m³,
- l) Q, m³/h,
- m) PM, mg/m³,
- n) H₂O, %,
- o) θ, °C.

3. „normirane“ minutne prosječne vrijednosti:

- p) CO, mg/m³_{ref},
- q) NO_x, mg/m³_{ref},
- r) SO₂, mg/m³_{ref},
- s) Q, m³_{ref}/h,
- t) PM, mg/m³_{ref}.

Također, za svako provedeno mjerenje *Naručitelj* će *Izvođaču* predati prosječne minutne vrijednosti veličina mjerenih pogonskim instrumentima iz sustava Siemens SPPA-T3000 u elektroničkoj formi prikladnoj za daljnju obradu u Excel-u (npr. txt ili csv). Veličine za koje treba prikupiti prosječne minutne vrijednosti dane 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 1 | A1HAH48CP901 ZQ01 | Tlak svježe pare K1 | bar |
| | A1HAH48CT901 ZQ01 | Temp sv p pos prgr II K1 | °C |
| | A1LBA10CF001 ZQ01 | Protok svježe pare K1 | t/h |
| | A1HHG00CF901 ZQ01 | Ukupni protok plina K1 | Nm ³ /h |

1.6. OSOBE KOJE ĆE SUDJELOVATI NA MJERENJU

Voditelj tima za mjerenje: Andrej Slavica, mag. ing. mech.
Borna Glückselig, mag. ing. agr.
Darko Glückselig, 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 vrelvodnim 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 $2 \cdot 125$ 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_x 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 ispušt dimnih plinova Z1

2.2. SASTAV GORIVA

Parni kotao WBK 1 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).

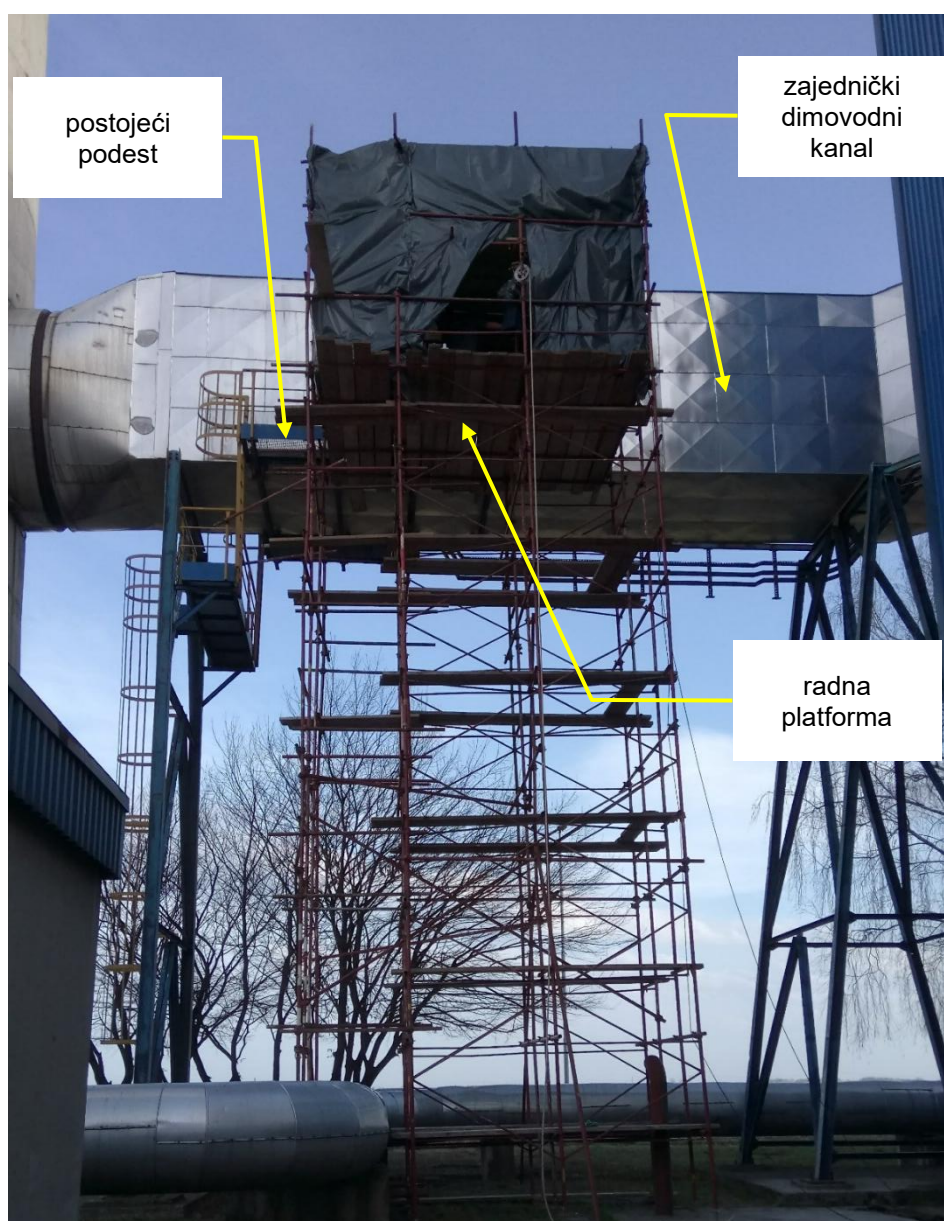


2.3. UREĐAJI ZA ODVOĐENJE I SMANJIVANJE EMISIJE OTPADNIH PLINOVA

Kotlovi bloka 45 MW opremljeni su plamenicima s niskom razinom emisije dušikovih oksida (engl. *Low NO_x Burners* - LNB). Radi dodatnog smanjenja emisije dušikovih oksida, kotlovi imaju i sustav recirkulacije (povrata) dijela dimnih plinova u ložište.

3. MJERNO MJESTO

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, vjetra i prodora hladnoće. Također, u sklopu radne platforme ili postojećeg podesta treba izvesti konzolni nosač za prihvat vitla s 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).

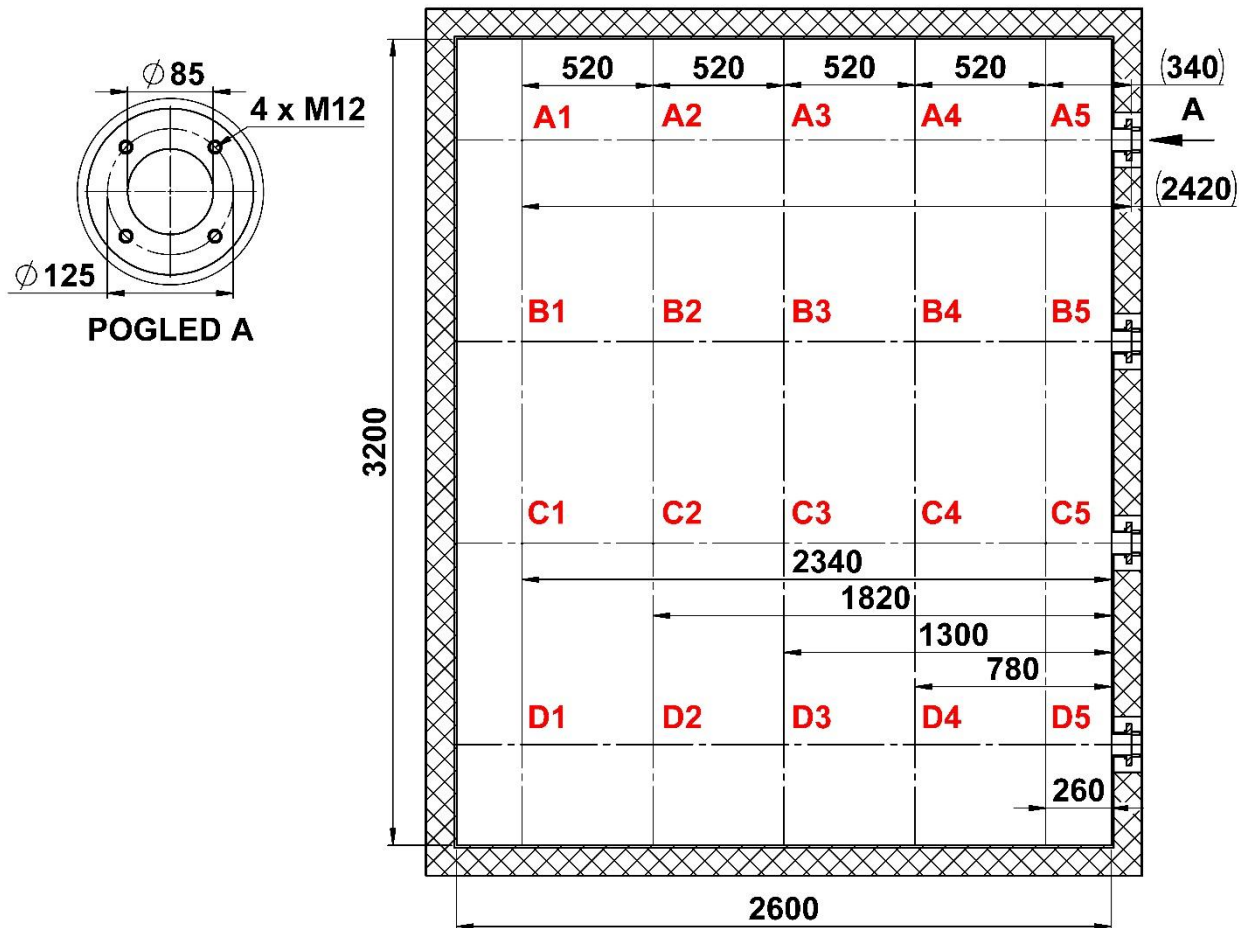


Sl. P 3: Pogled na mjerne priključke i među-platformu



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

Prije serije mjerenja može se provjeriti homogenost sastava dimnih plinova. Ako je sastav homogen, dozvoljeno je sastav dimnih plinova mjeriti u jednoj (reprezentativnoj) točki. 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 i HRN EN 13284-1:2017.

4. MJERNE METODE I INSTRUMENTI

Umjeravanje AMS uređaja provesti će se u trajanju do najviše mjesec dana. Minimalno neto vrijeme svih mjerenja po jednom ispustu iznositi će 7,5 sati, što je jednako ukupnom trajanju od 15 ispravnih mjerenja po 30 minuta tj. minimalnim zahtjevima prema normi HRN EN 14181:2014. U ovisnosti o onečišćujućoj tvari i njenoj 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

| Mjerna 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 i E.U. 1.2), hladnjak M&C PSS-5 (lab. oznaka E.U. 29.3 i E.U. 25.3), analizator HORIBA PG-350E (lab. oznaka E.U. 29.1), analizator HORIBA PG-350EU (lab. oznaka E.U. 31.1). |
| 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 (www.plinacro.hr). 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> (https://www.wunderground.com). |
| brzina | | HRN EN ISO 16911-1:2013 | SICK GRAVIMAT SHC 501 (lab. oznaka E.U. 26.1). |
| krute čestice | HRN EN 13284-1:2017 | HRN EN 13284-1:2017 | 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). |
| 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 Emisija krutih čestica, brzina, tlak i temperatura dimnih plinova

Najmanje 15 mjerenja koncentracije krutih čestica, 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 prema radnom postupku eLAB-PE-105 - *Mjerenje emisija krutih čestica GRAVIMAT-om*.

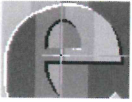
Tlak plinova (p , hPa) u mjernom presjeku bit će određen prema sljedećoj jednadžbi:

$$p = (p_{10} + p_0) - \frac{\rho \cdot v^2}{200}, \quad (6)$$

gdje je:

- v , m/s; brzina dimnih plinova u ispustu mjerena SICK GRAVIMAT-om SHC 501,
- p_{10} , hPa; totalni pretlak mjeran SICK GRAVIMAT-om SHC 501,
- p_0 , hPa; barometarski tlak mjeran SICK GRAVIMAT-om SHC 501,
- ρ , kg/m³; gustoća vlažnih dimnih plinova kod stanja u ispustu. Gustoća je funkcija od sastava vlažnih dimnih plinova te tlaka (p) i temperature (ϑ) u ispustu.

Gustoća vlažnih dimnih plinova odredit će se na temelju izmjerenih veličina (p_{10} , p_0 , ϑ) SICK GRAVIMAT-om SHC 501, analizatorom PG-350EU 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). 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 15 mjerenja CO_2 , O_2 , CO , NO_x i SO_2 u neto trajanju od 60 minuta (paralelno s mjerenjima emisije krutih čestica i vlažnosti 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.