



Izvještaj br. I-717-1-28-25-RM

**MJERENJE ZA POTREBE PROVEDBE PROVJERE ISPRAVNOSTI (AST)
SUSTAVA KONTINUIRANOG MJERENJA EMISIJA ONEČIŠĆUJUĆIH
TVARI U ZRAK IZ ISPUSTA U PROIZVODNJI KAMENE VUNE TVORNICE
ROCKWOOL ADRIATIC d.o.o.**

Nepokretni izvor emisija:

**1. Nepokretni izvor - mjerno mjesto br. 2.: KUPOLNA PEĆ (oznaka –
ispust br. 1.1.)**

Zagreb, srpanj 2025.

Izvještaj se bez pismenog odobrenja ne smije reproducirati

Obrazac LME-O-111/izdanje 01

Izvođač –akreditirani
Ispitni laboratorij:

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

Izvještaj broj: I-717-1-28-25 RM

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

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

Vrsta mjerenja: Mjerenja za potrebe provedbe provjere ispravnosti (AST) za sustav kontinuiranog mjerenja emisija na nepokretnom izvoru emisija

Radni nalog: 717/2025

Narudžbenica broj: -

Datum mjerenja: 18.06.2025.

Datum izvještaja: 23.07.2025.

Ukupan broj stranica: 30

Svrha: Svrha mjerenja emisija onečišćujućih tvari u zrak na nepokretnom izvoru je provedba provjere ispravnosti (AST) na sustavu za kontinuirano mjerenje emisija prema Pravilniku o praćenju emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora – daljem tekstu Pravilnik (N.N. br. 47/21).

Mjerenja obavili: Tehnički voditelj: Željko Keliš, dipl.ing.kem.teh., univ.spec.decoing.

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

Ispitivač: Luka Lučić, SSS

Ispitivač: Lovro Perković, SSS

Ispitivač: Edi Martinez, mag.ing.mech.

Izvještaj izradio:

Tehnički voditelj:

Željko Keliš, dipl.ing.kem.teh.

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

Voditelj LME:

Željko Keliš, dipl.ing.kem.teh.

SADRŽAJ

1	DEFINIRANJE NALOGA	5
1.1	NARUČITELJ.....	5
1.2	KORISNIK.....	5
1.3	NEPOKRETNOST IZVORA NA KOJIMA SE OBAVLJA KONTROLNO MJERENJE.....	5
1.4	UREĐAJI	5
1.5	PREDVIĐENO VRIJEME MJERENJA.....	5
1.5.1	Datum zadnjeg mjerenja	5
1.5.2	Datum sljedećeg mjerenja	5
1.6	SVRHA MJERENJA.....	5
1.7	CILJ	5
1.7.1	Nepokretni izvor – mjerno mjesto br. 2.: KUPOLNA PEĆ (oznaka – ispust br. 1.1.)	5
1.8	MJERENE KOMPONENTE.....	6
1.8.1	Nepokretni izvor – mjerno mjesto br. 2.: KUPOLNA PEĆ (oznaka – ispust br. 1.1.)	6
1.9	DOGOVOR O MJERENJU	6
1.10	OSOBES KOJE SU SUDJELOVALE NA MJERENJU	6
1.11	SUDJELOVANJE DRUGOG ISPITNOG LABORATORIJA	6
1.12	TEHNIČKI ODGOVORNA OSOBA LME-A ZA PLAN MJERENJA, PROVOĐENJE MJERENJA I IZRADU IZVJEŠTAJA	6
1.13	TEHNIČKI ODGOVORNA OSOBA NARUČITELJA.....	7
2	OPIS IZVORA EMISIJE	8
2.1	TIP UREĐAJA.....	8
2.2	OPIS UREĐAJA.....	8
2.3	LOKACIJA UREĐAJA I OPIS IZVORA EMISIJE.....	12
2.3.1	Lokacija.....	12
2.3.2	Nepokretni izvor – mjerno mjesto br. 2.: KUPOLNA PEĆ (oznaka – ispust br. 1.1.) ...	12
2.4	KORIŠTEN I OBRADENI MATERIJALI	12
2.5	VRIJEME KAD JE POSTROJENJE U RADU I KAD DOLAZI DO EMISIJE U ZRAK	12
2.5.1	Ukupno vrijeme rada	12
2.5.2	Vrijeme kad dolazi do emisije u zrak	12
2.6	UREĐAJI ZA ODVOĐENJE I SMANJIVANJE EMISIJE OTPADNIH PLINOVA	13
2.6.1	Uređaji za odvođenje-odsis otpadnih plinova/zraka.....	13
2.6.1.1	Nepokretni izvor – mjerno mjesto br. 2.: KUPOLNA PEĆ (oznaka – ispust br. 1.1.)	13
2.6.2	Uređaji za smanjivanje emisije onečišćujućih tvari	13
2.6.2.3	Nepokretni izvor – mjerno mjesto br. 2.: KUPOLNA PEĆ (oznaka – ispust br. 1.1.)..	13
3.	OPIS MJERNOGA MJESTA	14
3.1	LOKACIJA MJERNOG MJESTA	14
3.1.1	Nepokretni izvor - mjerno mjesto br. 2.: KUPOLNA PEĆ (oznaka – ispust br. 1.1.)....	14
3.2	OPIS MJERNE RAVNINE I MJERNE LINIJE S BROJEM MJERNIH TOČAKA	14
3.2.1	Nepokretni izvor - mjerno mjesto br. 2.: KUPOLNA PEĆ (oznaka – ispust br. 1.1.)....	14
3.2.2	TEST HOMOGENOSTI.....	15
3.2.2.1	Test homogenosti - KUPOLNA PEĆ (oznaka – ispust br. 1.1.).....	15
3.3	MJERNI OTVORI.....	16
3.3.1	Nepokretni izvor - mjerno mjesto br. 2.: KUPOLNA PEĆ (oznaka – ispust br. 1.1.)....	16
3.4	RADNA PLATFORMA.....	16
3.4.1	Nepokretni izvor - mjerno mjesto br. 2.: KUPOLNA PEĆ (oznaka – ispust br. 1.1.)....	16
3.5	FOTOGRAFIJE MJERNIH MJESTA.....	16
4	MJERNE METODE I INSTRUMENTI	17

4.1	ODREĐIVANJE PARAMETARA STANJA OTPADNIH PLINOVA.....	17
4.1.1	Brzina i protok plinova	17
4.1.2	Statički tlak u kanalu	17
4.1.3	Ambijentalni tlak na mjernom mjestu	17
4.1.4	Temperatura otpadnih plinova.....	18
4.1.5	Vlažnost otpadnih plinova	18
4.1.6	Gustoća otpadnih plinova.....	18
4.2	EMISIJA ONEČIŠĆUJUĆIH TVARI U PLINOVITOM I PARNOM STANJU	19
4.2.1	Automatske mjerne metode	19
4.2.1.1	Parametri koji se mjere.....	19
4.2.1.2	Metode mjerenja.....	19
4.2.1.3	Automatsko uzorkovanje plinova - uređaji	19
4.2.1.4	Mjerno područje instrumenta	20
4.2.1.5	Karakteristike uređaja.....	20
4.2.1.6	Oprema za uzorkovanje	20
4.2.1.7	Korišteni testni plinovi za kontrolu automatskih uređaja.....	21
4.2.1.8	Vrijeme odaziva (t-90%)	21
4.2.1.9	Registriranje izmjerenih vrijednosti	22
4.2.1.10	Mjere osiguranja kvalitete	22
4.3	EMISIJA UKUPNE PRAŠKASTE TVARI	23
4.3.1	Mjerna metoda	23
4.3.2	Oprema za uzorkovanje	23
4.3.3	Radni uvjeti filtara za uzorkovanje.....	24
4.3.4	Karakteristike učinkovitosti i njihovo određivanje HRN EN 13284/1:2017	24
4.3.5	Mjere osiguranja kvalitete.....	24
5	REZULTATI MJERENJA	25
5.1	RADNI UVJETI IZVORA EMISIJA ONEČIŠĆUJUĆIH TVARI U ZRAK.....	25
6.	REZULTATI MJERENJA	26
6.1	NEPOKRETN IZVOR - MJERNO MJESTO BR. 2.: KUPOLNA PEĆ (OZNAKA – ISPUST BR. 1.1.)	27
6.1.1	Volumni protok otpadnih plinova	27
6.1.2	Analiza plinova – ukupna praškasta tvar	28
6.1.3	Analiza plinova – NO _x , SO ₂ , O ₂	29
6.1.4	Analiza plinova – vodena para	30

1 DEFINIRANJE NALOGA

1.1 NARUČITELJ

ROCKWOOL ADRIATIC d.o.o.
Poduzetnička zona Pićan 1, 52 333 Potpićan

1.2 KORISNIK

ROCKWOOL ADRIATIC d.o.o.
Poduzetnička zona Pićan 1, 52 333 Potpićan

1.3 NEPOKRETNI IZVOR NA KOJIMA SE OBAVLJA KONTROLNO MJERENJE

Nepokretni izvor – mjerno mjesto br. 2.: KUPOLNA PEĆ (oznaka – ispust br. 1.1.)

1.4 UREĐAJI

1.4.1 Nepokretni izvor – mjerno mjesto br. 2.: KUPOLNA PEĆ (oznaka – ispust br. 1.1.)

Izvor emisija – Kupolna peć.

1.5 PREDVIĐENO VRIJEME MJERENJA

Predviđeno vrijeme mjerenja je 18.06.2025. u vremenu od 09:00 h do 19:00 h.

1.5.1 Datum zadnjeg mjerenja

03.-05.09.2024. od tvrtke Metroalfa d.o.o., Izveštaji broj (I-965-1-28-24) i 25., 26. i 28.11.2024. Izveštaji broj (I-1360-28-24) – QAL2 na sustavu za kontinuirano mjerenje emisija.

1.5.2 Datum sljedećeg mjerenja

Prema Pravilniku - 2026. g.

1.6 SVRHA MJERENJA

Svrha mjerenja – za potrebe provedbe provjere ispravnosti (AST) prema za sustav kontinuiranog mjerenja emisija prema zahtjevima norme HRN EN 14181.

1.7 CILJ

1.7.1 Nepokretni izvor – mjerno mjesto br. 2.: KUPOLNA PEĆ (oznaka – ispust br. 1.1.)

Cilj mjerenja na ispustu odvodnog kanala zone hlađenja je provjera emisije onečišćujućih tvari u zrak, a čije se vrijednosti za potrebe provedbe provjere ispravnosti (AST) prema za sustav za kontinuirano mjerenje emisija prema zahtjevima norme HRN EN 14181.

U okviru povremenih mjerenja mjere se sljedeći parametri:

- mjerenje parametara stanja otpadnih plinova (temperatura, tlak i vlažnost)
- mjerenje koncentracije onečišćujućih tvari u otpadnim plinovima
- izračun volumnog protoka otpadnih plinova
- izračun masenog protoka onečišćujućih tvari u otpadnim plinovima

1.8 MJERENE KOMPONENTE

1.8.1 Nepokretni izvor – mjesto br. 2.: KUPOLNA PEĆ (oznaka – ispust br. 1.1.)

Na ispustu će se obaviti mjerenje sljedećih parametara:

stanje otpadnih plinova:	broj mjerenja:
Temperatura (°C ili K)	6
Tlak – statički tlak (Pa)	6
Vlažnost (% vol.)	-
Brzina plinova (dinamički tlak -Pa) u mreži točaka u određenom broju mjernim linijama u mornoj ravnini (m/s)	6

Mjerenje koncentracije i izračun masenog protoka emitiranih onečišćujućih tvari u otpadnom plinu:

	broj mjerenja:
SO ₂ (mg/m _N ³)	6
NO _x (mg/m _N ³)	6
O ₂ (% vol.)	6
Praškasta tvar	6
Sadržaj vodene pare (% vol.)	6

1.9 DOGOVOR O MJERENJU

Mjerenje će se obaviti u skladu s Narudžbenicom. Odgovorna osoba od strane naručitelja je g. Neven Vlačić.

1.10 OSOBE KOJE SU SUDJELOVALE NA MJERENJU

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

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

Ispitivač: Luka Lučić, SSS

Ispitivač: Lovro Perković, SSS

Ispitivač: Edi Martinez, mag.ing.mech.

1.11 SUDJELOVANJE DRUGOG ISPITNOG LABORATORIJA

Pri mjerenju neće sudjelovati drugi ispitni laboratorij.

1.12 TEHNIČKI ODGOVORNA OSOBA LME-a ZA PLAN MJERENJA, PROVOĐENJE MJERENJA I IZRADU IZVJEŠTAJA

Ime: Željko Keliš, dipl.ing.kem.teh., univ.spec.oecoing.
Mob: 01/5555-736
e-mail: zeljko.kelis@metroalfa.hr

1.13 TEHNIČKI ODGOVORNA OSOBA NARUČITELJA

Ime: Neven Vlačić, voditelj procesa kvalitete i ekologije
Telefon: 052/858-544
Fax: 052/858-553
e-mail: neven.vlacic@rockwool.com

2 OPIS IZVORA EMISIJE

2.1 TIP UREĐAJA

Uređaj je proizvodni pogon za proizvodnju kamene vune, a koji se sastoji od osnovnih procesnih dijelova Kupolne peći, Vrteće komore i zone sušenja te Zone hlađenja.

2.2 OPIS UREĐAJA

U Tvornici kamene vune se odvijaju procesi skladištenja i pripreme sirovina, veziva i goriva (koksa); proces proizvodnje Rockwool® te pakiranje i skladištenje gotovih proizvoda.

Investitor je nositelj kompletnog proizvodnog procesa proizvodnje Rockwool®, tj. definira tehnologiju proizvodnje i skladištenja kamene vune, transporta i skladištenja sirovina, goriva, veziva i komponenti veziva, te je i projektant glavne tehnološke opreme.

Osnovne sirovine za proizvodnju kamene vune su:

- Eruptivne stijene (bazalt i diabaz),
- Šljaka i/ili dolomit,
- Cementni briketi koji sadrže otpadni materijal iz procesa.

Predviđeni maksimalni kapacitet je 125000 t/god. gotovog proizvoda tj. količina sirovine od 165000 tona/godinu.

Cementni briketi su jedna od komponenata sirovine za taljenje. Njihova svrha je recikliranje procesnog otpada kao i ispunjenje zahtjeva Europske Unije za određenim kemijskim sastavom vlakana. Briketi sadrže čvrsti otpad iz različitih dijelova procesa povezan cementom u specifični oblik. Otpadna vuna iz vrteće komore, istrošeni filtri vrteće komore, filtarski kolač i filtarski materijal od obrade procesne vode te dio otpadne vune iz postrojenja za recikliranje (otpaci od rezanja, otpašivanja te odbačeni proizvodi) čine glavnu komponentu briketa.

Također su sirovina za brikete prašina i sitniji dijelovi sirovina prosijani na vibracijskom situ ispod silosa.

Pripremljena sirovinna smjesa (sirovi kameni materijal, briketi i koks) doprema se transporterom u kupolnu peć. Pri punjenju sirovinom smjesom kupolna peć je u podtlaku, da bi se spriječio izlazak dimnih plinova u halu.

Nasipni sloj sirovinne smjese u kupolnoj peći mora biti takav je kroz njega omogućeno strujanje vrućeg zraka za izgaranje kao i nastalih dimnih plinova. To svojstvo nasipnog sloja osigurava se prosijavanjem ulazne sirovinne smjese, tj. tako su sitniji dijelovi i prašina istih odvojeni pri pripremi na vibracijskom situ.

Proces taljenja sirovine odvija se pri temperaturi od 1500 °C do 1900 °C. Kako bi se postigla potrebna temperatura taljenja koristi se koks kao gorivo i predgrijani, vrući zrak za izgaranje.

Vrući zrak potreban za izgaranje koksa se zagrijava u CO spaljivaču, a u kupolnu peć ulazi kroz prsten s mlaznicama. Vrući plinovi za izgaranje zagrijavaju materijal punjenja dok se podiže unutar kupole.

Punjenje kupolne peći sirovinom smjesom je šaržno dok je opskrbljivanje strojeva za predenje kontinuiranim tekućom kamenom talinom.

Odvod za talinu je u normalnim uvjetima uronjen u tekuću talinu. Kontrolom kuta sifona, odvod taline prema stroju za predenje se može podesiti. Kut se podešava iz kontrolne sobe!

Kao nusprodukt izgaranja odnosno taljenja nastaju dimni plinovi. Dimni plinovi sadrže prašinu, leteći pepeo, CO₂, CO, H₂S, SO₂, NH₃ i NO_x.

Dimni plinovi se prije ispuštanja u okoliš kroz dimnjak, tretiraju u sustavu za naknadno izgaranje dimnih plinova iz kupolne peći. Prvo se teže čestice odvajaju u ciklonu, zatim dimovi prolaze kroz filter pepela pa u komoru sagorijevanja CO-a.

Kao nusprodukt taljenja sirovine nastaje i talina željeza koja se ne koristi u procesu proizvodnje Rockwool®. Talina željeza veće je gustoće ta se taloži na dnu kupolaste peći. Povremeno je potrebno nastalu talinu željeza ispustiti iz kupolne peći. Pražnjenje (odvod) željeza se radi tako da se oksidnim kopljem napravi rupa na donjim vratima i u oblozi donjih vrata. Nakon pražnjenja, rupa se brtvi

glinenim čepom na pneumatski pogon. Donja vrata se ne hlade vodom i stoga se mogu koristiti za odvajanje.

Ispod kupolne peći na koti 0.00 nalazi se tzv. *melt pit* odnosno prostor kojem je dno pokriveno slojem pijeska ili šljunka, u koji se ispušta talina željeza ili kompletni sadržaj peći u slučaju ekscesne situacije. Ispuštena talina se nakon toga hladi i poprima kruti oblik te se utovarivačem odvozi na privremeno odlagalište unutar kruga tvornice, a dalje se prodaje kao sekundarna sirovina.

Obrada dimnih plinova iz kupolaste peći

Unutar kupolaste peći, mineralno kamenje i drugi materijali za punjenje su rastaljeni s koksom kao gorivom. Izgaranje koksa rezultira dimni plin u kupoli koji sadrži približno 6-12 % vol. ugljičnog monoksida (CO). Dimni plinovi pri izlasku iz kupolaste peći su u pravilu temperature više od 180 °C. Dimni plin se iz kupolaste peći vodi do Sustava za izgaranje CO. Ventilator CO plina odsisava dimne plinove sa vrha kupole čime se ujedno kontrolira negativni tlak pri vrhu kupole i tjera dimni plin kroz sustav za izgaranje CO sve do komore za izgaranje tj. do jedinice plamenika.

Dimni plinovi CO se nakon izlaska iz kupolaste peći kondicioniraju dodavanjem svježeg ili vrućeg zraka preko sustava za kondicioniranje. Temperatura dimnih plinova se održava između 120 i 180 °C, a dodavanjem svježeg zraka, koncentracija CO se održava ispod 10 %, što je ispod DGE.

Sustav za kondicioniranje kontrolira temperaturu CO plina ispred filtarskog postrojenja, te koncentraciju CO u dimnom plinu ispred i iza filtarskog postrojenja. U tu svrhu sustav za kondicioniranje je opremljen ventilatorom hladnog zraka s upravljanim zaklopkom i ventilatorom recirkulacije dimnog plina s upravljanim zaklopkom za vruće kondicioniranje.

Dimni plinovi struje velikom brzinom, sa sobom nose užarene i goruće čestice krutine koje se nakon kondicioniranja dimnih plinova odvajaju na separatoru, dok se u vrećastom filtru vrši odvajanje letećeg pepela s efikasnosti >99,6 %. Temperatura dimnih plinova unutar filtra letećeg pepela može biti od 120 °C do 180 °C. Da se izbjegne rad na temperaturama ispod rosišta plina CO, filtarsko postrojenje se prije pokretanja kupolaste peći predgrijava. Pepeo iz dimnih plinova se u vrećastom filtru "hvata" na filtarskim vrećicama s kojih se povremeno otresa puštanjem kratkih impulsa komprimiranog zraka. Pepeo iz vrećastog filtra se transportira i skladišti u silosu letećeg pepela.

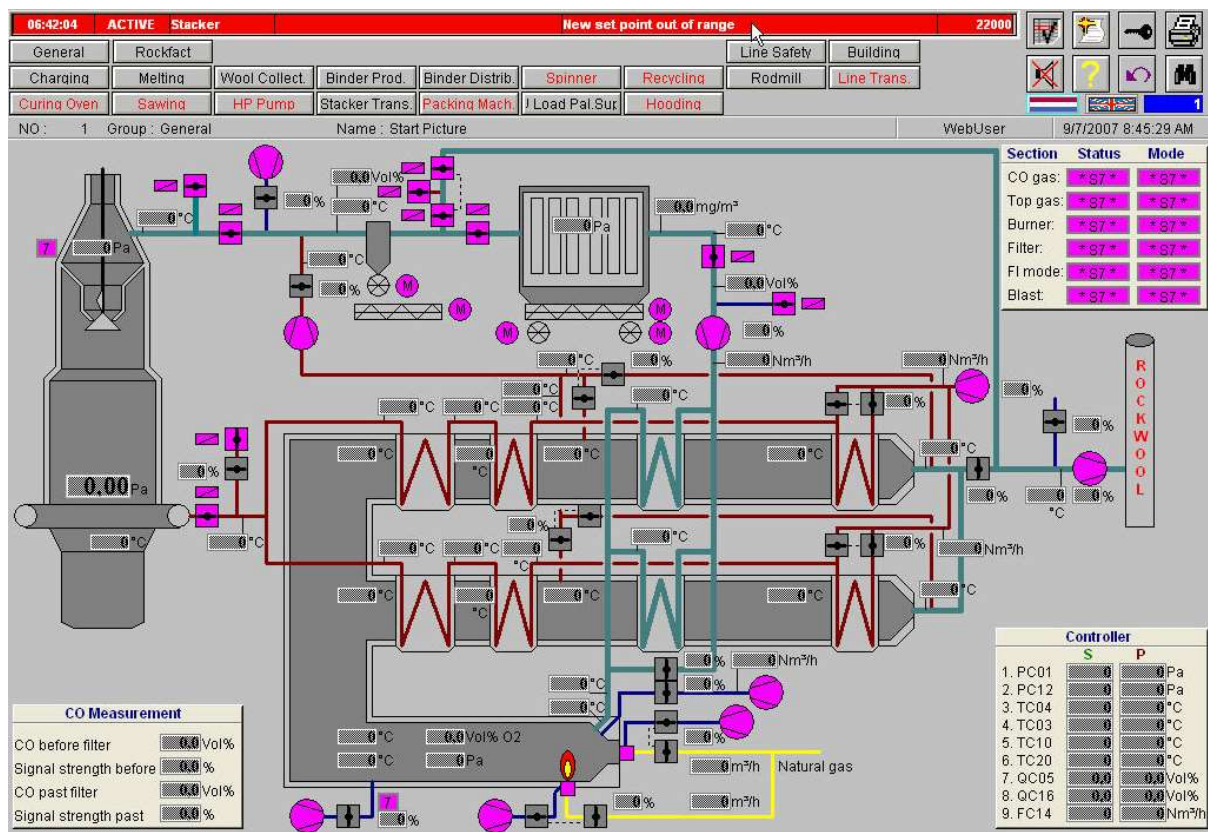
Dimni plinovi se nakon filtriranja dalje odvoze na predgrijavanje u izmjenjivače topline HE 3 L/R u kojima se zagrijavaju na 350 – 400 °C, a zatim se uvode u plamenik CO plina. U komori za izgaranje plamenik CO plina miješa zrak izgaranja i predgrijani dimni plin CO, a mješavina se pali plamenom iz pilot plamenika na prirodni plin.

Spaljivanje dimnih plinova CO vrši se u komori za izgaranje na temperaturi iznad 800 °C pri čemu se vrši pretvorba ugljičnog monoksida (CO) u ugljični dioksid (CO₂) i sumporovodika (H₂S) u sumporni dioksid (SO₂).

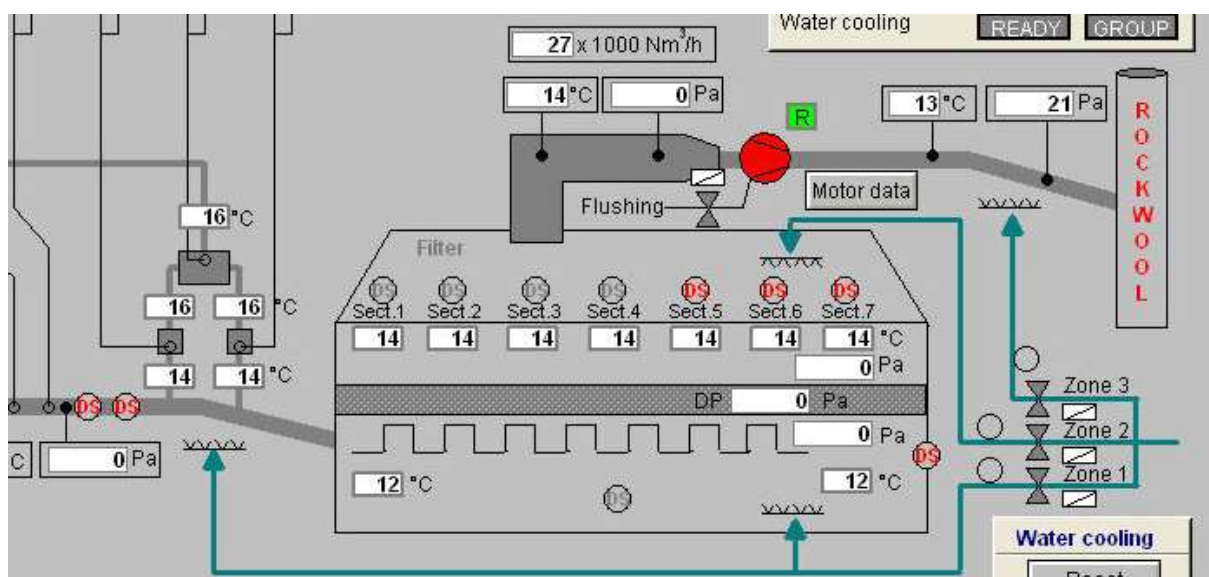
Komora izgaranja se zagrijava prirodnim plinom iz glavnog plamenika prije početka rada kupole.

Izgarajući dimni plin nastao nakon spaljivanja CO plina u komori za izgaranje, hladi se dodavanjem rashladnog zraka, te se dalje hladi tako da se njim vrši predgrijavanje zraka za izgaranje za kupolastu peć u izmjenjivačima topline HE1L/R; HE2L/R i HE4L/R i dimnog plina CO u izmjenjivaču topline HE3L/R. Temperatura izgarajućeg dimnog plina prije ulaska u toplinski izmjenjivač HE1L/R se kontrolira količinom rashladnog zraka. Izgarajući dimni plin se hladi kako bi se izbjegle previsoke temperature na dimnjaku.

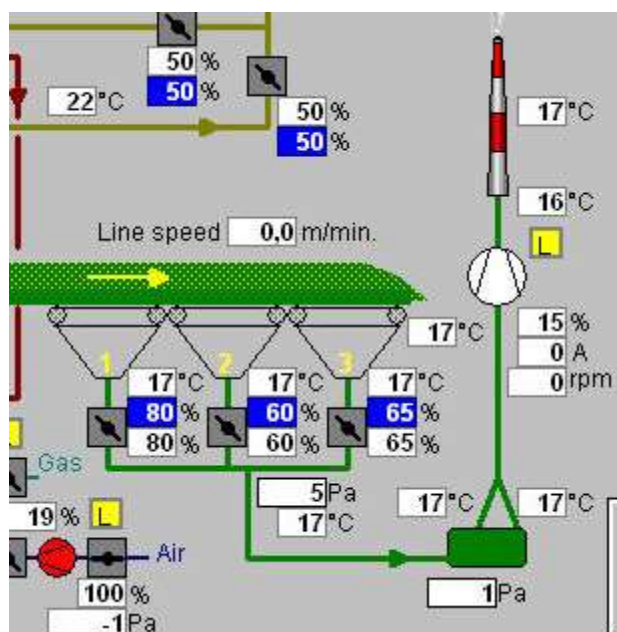
Nakon posljednjeg izmjenjivača topline (HE4L/R) ispušni plin ulazi u dimovodnu cijev dimnjaka 75 m – korištenjem ventilatora za ispušni plin.



Slika 1: Shema tretiranja dimnih plinova iz kupolne peći



Slika 2: Shema tretiranja dimnih plinova iz vrteće komore i zone sušenja



Slika 3: Shema tretiranja dimova iz zone hlađenja

2.3 LOKACIJA UREĐAJA I OPIS IZVORA EMISIJE

2.3.1 Lokacija

Proizvodni proces za proizvodnju kamene vune je smješten u krugu tvornice Rockwool Adriatic d.o.o., Poduzetnička zona Pićan 1, Potpićan.

2.3.2 Nepokretni izvor – mjerno mjesto br. 2.: KUPOLNA PEĆ (oznaka – ispust br. 1.1.)

Otpadni plinovi se odводе u atmosferu preko odvodnog kanala sljedećih karakteristika:

2.3.3.1. Visina:	75,0 m
2.3.3.2. Promjer:	1,4 m
2.3.3.3. Površina	1,539 m ²
2.3.3.4. Gauss-Krugerove koordinate	X: 5006578 Y: 5428698
2.3.3.5. Izgled izvora:	Odvodni kanal je spojen na odvodni kanal u dimnjaku - visina 75,0 m.
2.3.3.6. Broj izvora:	1

2.4 KORIŠTEN I OBRAĐENI MATERIJALI

Kao sirovina se koristi:

- eruptivna stijena (bazalt i diabaz),
- šljaka i/ili dolomit
- cementni briketi koji sadrže otpadni materijal iz procesa.

Kao gorivo se koristi koks.

Maksimalan kapacitet taljenja je 20,5 t/h.

2.5 VRIJEME KAD JE POSTROJENJE U RADU I KAD DOLAZI DO EMISIJE U ZRAK

2.5.1 Ukupno vrijeme rada

Planirano ukupno vrijeme rada je 24 h/dan, 5-7 dana u tjednu.
Za cijelo vrijeme rada dolazi do emisije u zrak.

2.5.2 Vrijeme kad dolazi do emisije u zrak

Vrijeme kad dolazi do emisije je ukupno vrijeme rada od 24 h/dan, 5-7 dana u tjednu.

2.6 UREĐAJI ZA ODVOĐENJE I SMANJIVANJE EMISIJE OTPADNIH PLINOVA

2.6.1 Uređaji za odvođenje-odsis otpadnih plinova/zraka

2.6.1.1 Nepokretni izvor – mjerno mjesto br. 2.: KUPOLNA PEĆ (oznaka – ispust br. 1.1.)

Otpadni zrak se odvodi preko odsisnog kanala na koji su spojen vrećasti filter. Nakon vrećastog filtra je instaliran odsisni radijalni ventilator koji otpadne dimne plinove odvodi u centralni dimnjak visine 75 m.

Ventilator ima sljedeće karakteristike:

Količina zraka: 1245 m³/min.

Snaga motora: 200 kW

Broj okretaja: 1480 o/min.

Ukupni tlak: 6000 Pa

Temperatura plinova: 300 °C

2.6.2 Uređaji za smanjivanje emisije onečišćujućih tvari

2.6.2.3. Nepokretni izvor – mjerno mjesto br. 2.: KUPOLNA PEĆ (oznaka – ispust br. 1.1.)

FILTARSKA SEKCIJA PROIZVOĐAČA DEICHMANN – VREĆASTI FILTER

Godina proizvodnje	2007.
Radni protok	54760 m ³ /h
Radna temperatura	150 – 180 °C
Sadržaj O ₂	< 15 % vol
Sadržaj vlage u plinu	< 1 %
Rosište	60 °C
Sadržaj prašine na ulazu	7-10 g/m ³
Sadržaj prašina na izlazu	< 5 mg/m ³ efikasnosti >99,6 %.
Vrsta prašine	leteći pepeo
Ukupna filtarska površina	1628 m ²
Broj filtarskih komora	8 kom
Broj filtarskih vreća	864 kom
Dimenzije filtarskih vreća	119X5015 mm
Materijal filtarskih vreća	needlona NX/NX 554 as CS42/18 max. temp.220°C

Nakon filtriranja praškaste tvari otpadni plinovi se spaljuju u spaljivaču otpadnih plinova na oko 800 °C radi uklanjanja CO i H₂S.

3. OPIS MJERNOGA MJESTA

3.1 LOKACIJA MJERNOG MJESTA

3.1.1 Nepokretni izvor - mjerno mjesto br. 2.: KUPOLNA PEĆ (oznaka – ispust br. 1.1.)

Mjerno mjesto za mjerenje masenih koncentracija plinskih komponenata **O₂, NO_x, SO₂, sadržaj vodene pare, ukupna praškasta tvar** je napravljeno iza uređaja za otprašivanje i komore za izgaranje, na ravnom horizontalnom dijelu odvodnog kanala. U tom dijelu su otpadni plinovi homogenog sastava, koji omogućuje uzorkovanje otpadnih plinova u skladu s standardom za mjerenje plinskih komponenti (npr. HRN ISO 10396 za ekstraktivno uzorkovanje dimnih plinova za analizu plinskih komponenti). Na mjernom mjestu je odvodni kanal okruglog presjeka, unutarnjeg promjera 1,4 m. Na mjernom mjestu je postavljena sonda za uzorkovanje otpadnih plinova za automatsko uzorkovanje za potrebe sustava za kontinuirano mjerenje emisijskih koncentracija plinskih komponenata. Napravljeni su otvori koji služe za obavljanje usporednih mjerenja emisije onečišćujućih tvari u zrak s ručnim metodama.

Mjerno mjesto za mjerenje praškaste tvari, temperature i brzine otpadnih plinova je napravljeno u smjeru toka otpadnih plinova, u ravnom horizontalnom djelu odvodnog kanala na južnoj strani, pred priključkom odvodnog kanala u centralni dimnjak, na visini c 8 m od razine tla. Na mjernom mjestu je odvodni kanal okruglog presjeka, unutarnjeg promjera 1,4 m. Smetnju u protoku otpadnih plinova od mjerne ravnine predstavlja vertikalno-horizontalni zavoj, koji je udaljen 8 metara od mjerne ravnine. Sljedeća smetnja za mjernu ravninu je priključak odvodnog kanala u centralni dimnjak, koji je udaljen 5 metara od mjerne ravnine. Mjerni otvori su napravljeni tako, da je omogućeno mjerenje brzine u mreži točaka u dvije mjerne linije, koje su gledajući ulaz linija postavljene pod kutom od 90°.

Zahtjev norme HRN EN 15259 za navedenu površinu kanala zahtjeva mjerenje u 2 osi u 8 točaka na svakoj osi. Opće preporuke za mjernu ravninu prema navedenim normama su da nema ometajućih dijelova u dužini 5 hidrauličkih promjera do i iza mjerne ravnine. Prema normi HRN EN 15259 je napravljen test homogenosti otpadnih plinova u mjernoj ravnini. U tom dijelu su otpadni plinovi su homogenog sastava, te se uzorkovanje plinskih komponenata obavlja u bilo kojoj točki (utvrđeno testom homogenosti plinova), a ostali parametri (praškasta tvar, brzina strujanja i temperatura otpadnih plinova) se uzorkuju na 16 mjernih točaka.

Mjerno mjesto je tehnički uvjetovano i ne može se nigdje drugdje osigurati.

3.2 OPIS MJERNE RAVNINE I MJERNE LINIJE S BROJEM MJERNIH TOČAKA

3.2.1 Nepokretni izvor - mjerno mjesto br. 2.: KUPOLNA PEĆ (oznaka – ispust br. 1.1.)

Oblik odvodnog kanala na mjernom mjestu:	okrugli
Unutrašnja dimenzija kanala (m)	1,4
Površina (m ²)	1,539
Udaljenost smetnje prije mjerne ravnine (m)	8,0
Udaljenost smetnje iza mjerne ravnine (m)	5,0
Udaljenost istrujnog otvora iza mjerne ravnine (m)	80
Broj mjernih linija	2
Broj mjernih točaka po mjernoj liniji	8

Broj mjernih linija i mjernih točaka u kojima se mjeri pojedini mjerni parametri

Redni Br.	Mjerena komponenta	Mjerne linije	Mjerne točke u metrima
1.	Temperatura	2 mjerne linije po točkama	0,094; 0,350; 1,050; 1,306

2.	Tlak	2 mjerne linije po točkama	0,094; 0,350; 1,050; 1,306
3.	Brzina plinova	2 mjerne linije po točkama	0,094; 0,350; 1,050; 1,306
4.	Praškasta tvar	2 mjerne linije po točkama	0,094; 0,350; 1,050; 1,306
5.	O ₂ , SO ₂ , NO _x , sadržaj vlage	Bilo koja točka	0,452

3.2.2 TEST HOMOGENOSTI

3.2.2.1 Test homogenosti - KUPOLNA PEĆ (oznaka – ispušt br. 1.1.)

Test homogenosti otpadnih plinova u mjernoj ravlini

Os/točke	Dubina (m)	v_{grid} (m/s)	v_{ref} (m/s)	v_{grid}/v_{ref} %
1.1.	0,046	13,2	13,4	98,5
1.2.	0,147	13,2	13,4	98,5
1.3.	0,272	13,1	13,2	99,2
1.4.	0,452	13,5	13,3	101,5
1.5.	0,948	13,4	13,3	100,8
1.6.	1,128	13,3	13,2	100,8
1.7.	1,253	13	13,2	98,5
1.8.	1,354	13,2	13,4	98,5
2.1.	0,046	13,3	13,5	98,5
2.2.	0,147	13	13,1	99,2
2.3.	0,272	13,2	13,5	97,8
2.4.	0,452	13,5	13,4	100,7
2.5.	0,948	13,5	13,3	101,5
2.6.	1,128	13,4	13,3	100,8
2.7.	1,253	13,1	13,2	99,2
2.8.	1,354	13	13,2	98,5
Srednja vrij.		13,2	13,3	99,53
STD		0,18	0,12	
Broj mjerenja		16	16	
Stupnjeva slobode		15	15	
Test homogenosti				
Test vrijednost $(s_{grid}/s_{ref})^2$:		2,29		
F95%		2,40		
Otpadni plin		homogen		
Stdev pos		0,13		

STD	standardna devijacija
v_{grid}	brzina strujanja u određenoj točki
v_{ref}	brzina strujanja u fiksnoj točki
s_{grid}	standardna devijacija brzine strujanja - po točkama
s_{ref}	standardna devijacija brzine strujanja - u fiksnoj točki
Stdev pos	standardna devijacija $SQRT(s_{grid}^2 - s_{ref}^2)$
$t_{n-1;0,95}$	student t faktor
Upos	proširena nesigurnost ($U_{pos} = t_{n-1;0,95} \cdot Stdev\ pos$)
Ud	dovoljena proširena nesigurnost
$F/F95\% \leq 1$	plin homogen

3.3 MJERNI OTVORI

3.3.1 Nepokretni izvor - mjerno mjesto br. 2.: KUPOLNA PEĆ (oznaka – ispust br. 1.1.)

Izvor ima 2 mjerna otvora te su pogodna za uzorkovanje onečišćujućih tvari i mjerenje brzine i temperature otpadnih plinova po točkama po mjernim linijama, tako da se pokrije cijela mreža mjerne ravnine.

Potreban broj linija za uzorkovanje je 2 linije. Svaka linija ima po 2 otvora.

3.4 RADNA PLATFORMA

3.4.1 Nepokretni izvor - mjerno mjesto br. 2.: KUPOLNA PEĆ (oznaka – ispust br. 1.1.)

Pokretna radna platforma je smještena na visini cca 8 m od razine tla uz horizontalni odvodni kanal. Radna platforma ima dvije radne površine od 4 m² (u 2 razine), te je su s nje lako dostupni mjerni otvori, a oko cijele radne platforme je zaštitna ograda, tako da je s aspekta uvjeta radne okoline sigurna.

Priključak za električnu struju (220 V) nalazi se u prostoriji u podnožju dimnjaka.

3.5 FOTOGRAFIJE MJERNIH MJESTA

1. Kupolna peć



4 MJERNE METODE I INSTRUMENTI

4.1 ODREĐIVANJE PARAMETARA STANJA OTPADNIH PLINOVA

4.1.1 Brzina i protok plinova

Metoda:	HRN EN ISO 16911-1:2013 Emisije iz stacionarnih izvora – Ručno i automatsko određivanje brzine i volumnoga protoka u ispušnim cjevima – 1. dio: Ručna referentna metoda (ISO 16911-1:2013; EN ISO 16911-1:2013) Stationary source emissions – Manual and automatic determination of velocity and volume flow rate in ducts – Part 1: Manual reference method (ISO 16911-1:2013; EN ISO 16911-1:2013)
Mjerni princip:	mjerenje diferencijalnog tlaka s Pitot cijevi u mreži točaka
Mjerno područje:	$\Delta p = 0-980$ Pa diferencijalnog tlaka brzina $v \approx 3$ do 40 m/s; ovisno od T, ρ i p
Rezolucija:	$\Delta p = 0,1$ Pa
Točnost:	± 1 % mjernog područja ± 2 Pa
Instrumenti:	DADOLAB ST 5, Id. br.: 153 Sonde: Pitot cijevi dužine 1,5 m sa grijanom sondom; materijal Ni-Cr čelik, Id. br. 167

4.1.2 Statički tlak u kanalu

Metoda:	HRN EN ISO 16911-1:2013 Emisije iz stacionarnih izvora – Ručno i automatsko određivanje brzine i volumnog protoka u ispušnim cjevima (Stationary source emissions - Manual and automatic determination of velocity and volume flow rate in ducts – Part 1: Manual reference method)
Mjerni princip:	mjerenje statičkog tlaka u odvodnom kanalu s Pitot cijevi na više mjernih točaka po mjernoj ravni i vanjskog ambijentalnog tlaka
Mjerno područje:	$p = 0$ do 105000 Pa
Rezolucija:	10 Pa
Točnost:	bolje od 1 % mjernog područja (± 10 Pa)
Instrumenti:	DADOLAB ST 5, Id. br.: 153 Sonde: Pitot cijevi dužine 1,5 m sa grijanom sondom; materijal Ni-Cr čelik, Id. br. 167

4.1.3 Ambijentalni tlak na mjernom mjestu

Metoda:	HRN EN ISO 16911-1:2013 Emisije iz stacionarnih izvora – Ručno i automatsko određivanje brzine i volumnog protoka u ispušnim cjevima (Stationary source emissions - Manual and automatic determination of velocity and volume flow rate in ducts – Part 1: Manual reference method)
Mjerno područje:	$p = 0$ do 103332 Pa
Rezolucija:	1 Pa
Preciznost:	± 2 % mjernog područja
Instrumenti:	Digitalni tlakomjer Greisinger GDH12 AN, Id. br. 070 DADOLAB ST 5, Id. br.: 153

4.1.4 Temperatura otpadnih plinova

Metoda:	HRN ISO 10780 Emisije iz stacionarnih izvora - Mjerenje brzine i obujamskog protoka plinova u odvodnom kanalu (ISO 10780:1994) Stationary source emissions – Measurement of velocity and volume flowrate of gas streams in ducts (ISO 10780:1994)
Mjerni princip:	mjerenje temperature plinova s termočlankom Ni-Cr-Ni (tip K) u mreži točaka
Mjerno područje:	od 1 do +1200 °C (274-1473 K)
Rezolucija:	0,1 °C
Točnost:	< 1 % abs T (< 3 K)
Instrumenti:	DADOLAB ST 5, Id. br.: 153 Sonde: Pitot cijevi dužine 1,5 m sa grijanom sondom; materijal Ni-Cr čelik, Id. br. 167

4.1.5 Vlažnost otpadnih plinova

Metoda:	Ocjenski ili prema HRN EN 14790:2017 Emisije iz stacionarnih izvora Određivanje vodene pare u odvodnom kanalu
Mjerni princip:	Ocjenski iz podataka o procesu, prema normi je adsorpcija na sredstvu za sušenje (silika-gel), te odvaga vlage
Mjerno područje:	3-40 % relativne vlažnosti i koncentraciju vodene pare od 29-250 g/m ³
Donja granica detekcije:	29 g/m ³
Mjerna nesigurnost:	< 30 % izmjerene vrijednosti
Instrument:	Aquaria CF20; Id. br. 125 OHAUS VAGA, Adventurer Pro, Id. br. 069

4.1.6 Gustoća otpadnih plinova

Gustoća plina ovisi o sastavu plina i izračunava se po jednadžbi $\rho_0 = \sum(x_i \cdot \rho_i)$ gdje je:
 x_i – volumni udio pojedine komponente, u 100 %;
 ρ_i – gustoća čiste komponente pri normiranim uvjetima (T=0 °C; p=101325 Pa).

Parametri koje treba odrediti su:

kisik (O₂),
vodena para u otpadnom plinu,
temperatura i tlak u odvodnom kanalu.

4.2 EMISIJA ONEČIŠĆUJUĆIH TVARI U PLINOVITOM I PARNOM STANJU

4.2.1 Automatske mjerne metode

4.2.1.1 Parametri koji se mjere

Kisik (O₂)

Oksidi dušika izraženi kao NO₂

Oksidi sumpora izraženi kao SO₂

Navedeni parametri se mjere u jednoj točki - reprezentativnoj ili točkama koje su opisane-definirane u poglavlju 3.2.

4.2.1.2 Metode mjerenja

Kisik (O₂)

Metoda: HRN EN 14789:2017 Emisije iz nepokretnih izvora – Određivanje volumne koncentracije kisika – Standardna referentna metoda: Paramagnetizam (EN 14789:2017)
Stationary source emissions – Determination of volume concentration of oxygen – Standard reference method: Paramagnetism (EN 14789:2017)

Mjerni princip: paramagnetizam

Dušikovi oksidi – NO i NO₂ izraženi kao NO₂

Metoda: HRN EN 14792:2017 Emisije iz nepokretnih izvora – Određivanje masene koncentracije dušikovih oksida – Standardna referentna metoda: Kemiluminescencija (EN 14792:2017)
Stationary source emissions – Determination of mass concentration of nitrogen oxides – Standard reference method: chemiluminescence (EN 14792:2017)

Mjerni princip: kemiluminescencija

Sumpor dioksid (SO₂)

Metoda: HRN ISO 7935:2025 Emisije iz nepokretnih izvora – Određivanje masene koncentracije sumporovog dioksida u otpadnim plinovima – Radne značajke automatskih mjernih sustava (ISO 7935:2024)
Stationary source emissions – Determination of the mass concentration of sulfur dioxide in flue gases – Performance characteristics of automated measuring systems (ISO 7935:2024)

Mjerni princip: nedisperzivna infracrvena spektrofotometrija (NDIR)

4.2.1.3 Automatsko uzorkovanje plinova - uređaji

Uređaj za automatsko uzorkovanje plinova CO, NO_x, SO₂, O₂

Proizvođač:	Horiba, Japan
Tip:	PG-350EDR
Godina proizvodnje:	2023.
Id. br.:	202

4.2.1.4 Mjerno područje instrumenta

HORIBA PG-350- EDR

Parametar	NO _x	SO ₂	CO	O ₂
Mjerni princip	Kemiluminiscencija	NDIR	NDIR	Elektrokemijska ćelija
Mjerno područje	0 – 25 ppm 0 – 50 ppm 0 – 100 ppm 0 – 250 ppm 0 – 500 ppm 0 – 1000 ppm 0 – 2500 ppm	0 – 200 ppm 0 – 500 ppm 0 – 1000 ppm 0 – 3000 ppm	0 – 200 ppm 0 – 500 ppm 0 – 1000 ppm 0 – 2000 ppm 0 – 5000 ppm	0 – 5 % 0 – 10 % 0 – 25 %

4.2.1.5 Karakteristike uređaja

HORIBA PG-350- EDR

Parametar	NO _x	SO ₂	CO	O ₂
Ponovljivost	100 ppm ili više mjerno područje < 0,5% od cijele skale	< 1% od cijele skale	1000 ppm ili više mjerno područje < 0,5% od cijele skale	< 1% od cijele skale
Linearnost	< 2% od cijele skale			
Mjerna nesigurnost	±10 % mjernog područja			
Donja granica detekcije (LOD)	1 ppm (2,05 mg/m ³)	4 ppm (12 mg/m ³)	2 ppm (2,5 mg/m ³)	0,1 vol. %
Nuliranje odstupanje	< 1% od cijele skale	< 2% od cijele skale	< 1% od cijele skale	< 1% od cijele skale
Kalibracija odstupanje	< 1% od cijele skale	< 2% od cijele skale	< 1% od cijele skale	< 1% od cijele skale
Vrijeme odaziva (t90)	< 45 sec	< 240 sec	< 45 sec	< 45 sec

4.2.1.6 Oprema za uzorkovanje

Sistem za pripremu:	Proizvođač:	M&C,
	Tip:	PSS-5,
	Godina proizvodnje:	2016.
	Id. br.:	158

Sistem P&C, tip PSS-5, sadrži električni plinski hladnjak serije ECP koja hladi otpadne plinove na 4 °C, univerzalnu sekciju filtera tip FSS koji služe za odvajanje tekućine i finih čestica prašine, membransku pumpu N5 KPE kapaciteta 5 NI/min, peristaltičku pumpu serije SR koja služi za odstranjivanje kondenzata. Također odvojeno navedeni sustavu sadrži pripadajuće grijano crijevo dužine 5m, i sondu s grijanom glavom. Sonda je izrađena od nehrđajućeg čelika. Grijana glava sadrži filter za čestice koji je od izrađen od keramike.

Glava s kvarcnim filtrom:	proizvođač:	M&C,
	tip:	PSP4000-H
	grijana na temperaturu:	150 °C
	godina proizvodnje:	2013.
	Id. br.:	112
Grijano crijevo	dužina 10 m, materijal PTFE	
Sonda za uzorkovanje	dužina 0,5 - 1,5 m; materijal Ni-Cr - negrijana	
Temperatura grijanja sistema:	max. 190 °C (može se regulirati od 20 do 190 °C)	

4.2.1.7 Korišteni testni plinovi za kontrolu automatskih uređaja

Dušik (N₂)

Nula plin 1:	Dušik 5.0	
	Proizvođač:	Messer Schweiz AG
	Datum proizvodnje:	2025. Godina
	Sadržaj N ₂ :	>99,999 %
	Certifikat	da

CO, NO, SO₂

Testni plin 2:	Mješavina plinova CO, SO ₂ i NO	
	Koncentracije:	CO 950 ppm
		NO 602 ppm
		SO ₂ 903 ppm
		ostatak N ₂
	Tolerancija:	2 % rel.
	Proizvođač:	Messer Schweiz AG
	Broj boce:	81577
	Datum proizvodnje:	20.01.2025.
	Garancija stabilnosti	24 mjeseci
	Certifikat	56865118

CO₂, O₂

Testni plin 1:	Mješavina plinova CO ₂ i O ₂ u dušiku	
	Koncentracije:	CO ₂ 15,02 % vol.
		O ₂ 5,02 % vol.
		ostatak N ₂
	Tolerancija:	2 % rel.
	Proizvođač:	Messer Schweiz AG
	Broj boce:	76489
	Broj certifikata:	53686292
	Datum proizvodnje:	17.03.2025.
	Garancija stabilnosti	24 mjeseca

4.2.1.8 Vrijeme odaziva (t-90%)

Pogledati u poglavlju 4.2.1.5. – Karakteristike uređaja

4.2.1.9 Registriranje izmjerenih vrijednosti

Izmjerene vrijednosti se snimaju na prijenosno računalo, a dio podataka se ručno upisuje u propisane obrasce.

Izmjerene vrijednosti se snimaju na SD karticu, a dio podataka se ručno upisuje u propisane obrasce.

4.2.1.10 Mjere osiguranja kvalitete

Kisik (O₂)

Mjere osiguranja kvalitete su opisane u ispitnim postupcima i ispitnim radnim uputama LME koje su u skladu s standardom HRN EN 14789.

Ispitni postupci

LME-PI-02 Emisija iz stacionarnih izvora – Mjerenje CO, CO₂, SO₂, NO_x i O₂, automatska metoda

Ispitne radne upute:

LME-RI-10 Izračun mjerne nesigurnosti O₂ za radni postupak LME-PI-02 Emisija iz stacionarnih izvora – Mjerenje CO, CO₂, SO₂, NO_x i O₂, automatska metoda

LME-RI-16 Kalibracija i kontrola automatskog analizatora za mjerenje koncentracije plinova (O₂, CO, CO₂, NO i SO₂) Horiba PG-250

LME-RI-60 Uputa za rad s automatskim analizatorom za mjerenje koncentracije plinova (O₂, CO, CO₂, NO i SO₂) HORIBA PG 350-E

LME-RI-61 Uputa za rad s prijenosnim sistemom za pripremu plina M&C, TIP PSS-5, id.br. 158

LME-RI-40 Kontrola sistema za pripremu plinova PSS-5 i grijane glave sa crijevom PSP 4000-H

Dušikovi oksidi – NO i NO₂ izraženi kao NO₂

Mjere osiguranja kvalitete su opisane u ispitnim postupcima i ispitnim radnim uputama LME koje su u skladu s standardom HRN EN 14792.

Ispitni postupci

LME-PI-02 Emisija iz stacionarnih izvora – Mjerenje CO, CO₂, SO₂, NO_x i O₂, automatska metoda

LME-PI-20 Emisija iz stacionarnih izvora -određivanje brzine i volumnog protoka u odvodnim kanalima – ručna referentna metoda

Ispitne radne upute:

LME-RI-09 Izračun mjerne nesigurnosti NO_x za radni postupak LME-PI-02 Emisija iz stacionarnih izvora – Mjerenje CO, CO₂, SO₂, NO_x i O₂, automatska metoda

LME-RI-16 Kalibracija i kontrola automatskog analizatora za mjerenje koncentracije plinova (O₂, CO, CO₂, NO i SO₂) Horiba PG-250

LME-RI-60 Uputa za rad s automatskim analizatorom za mjerenje koncentracije plinova (O₂, CO, CO₂, NO i SO₂) HORIBA PG 350-E

LME-RI-61 Uputa za rad s prijenosnim sistemom za pripremu plina M&C, TIP PSS-5, id.br. 158

LME-RI-40 Kontrola sistema za pripremu plinova PSS-5 i grijane glave sa crijevom PSP 4000-H

Sumpor (IV) oksid – SO₂

Mjere osiguranja kvalitete su opisane u ispitnim postupcima i ispitnim radnim uputama LME koje su u skladu s standardom HRN ISO 7935.

Ispitni postupci

LME-PI-02 Emisija iz stacionarnih izvora – Mjerenje CO, CO₂, SO₂, NO_x i O₂, automatska metoda

LME-PI-20 Emisija iz stacionarnih izvora -određivanje brzine i volumnog protoka u odvodnim kanalima – ručna referentna metoda

Ispitne radne upute:

LME-RI-09 Izračun mjerne nesigurnosti NO_x za radni postupak LME-PI-02 Emisija iz stacionarnih izvora – Mjerenje CO, CO₂, SO₂, NO_x i O₂, automatska metoda

LME-RI-16 Kalibracija i kontrola automatskog analizatora za mjerenje koncentracije plinova (O₂, CO, CO₂, NO i SO₂) Horiba PG-250

LME-RI-60 Uputa za rad s automatskim analizatorom za mjerenje koncentracije plinova (O₂, CO, CO₂, NO i SO₂) HORIBA PG 350-E

LME-RI-61 Uputa za rad s prijenosnim sistemom za pripremu plina M&C, TIP PSS-5, id.br. 158

LME-RI-40 Kontrola sistema za pripremu plinova PSS-5 i grijane glave sa crijevom PSP 4000-H

4.3 EMISIJA UKUPNE PRAŠKASTE TVARI

4.3.1 Mjerna metoda

Metoda: HRN EN 13284-1:2017 Emisije iz nepokretnih izvora - Određivanje masene koncentracije krutih čestica niskih koncentracija - ručna gravimetrijska metoda
Stationary source emissions – Determination of low range mass concentration of dust – Part 1: Manual gravimetric method (EN 13284-1:2017)

Mjerni princip: ekstraktivno uzrokovanje reprezentativnog plinskog uzorka iz odvodnog kanala ili dimnjaka, pri definiranim uvjetima uzorkovanja (u točno određenim točkama uzorkovanja uz izokinetičke uvjete); filtriranje krutih čestica iz plinskog uzorka kroz filter; gravimetrijsko određivanje mase zadržane praškaste tvari na filtru

4.3.2 Oprema za uzorkovanje

Filtar:

Oblik:	planarni filter
Materijal:	staklena vlakna/kvarcni filter
Proizvođač:	LLG
Tip	GRADE 293 staklena vlakna/kvarcni filter
Promjer	47 mm
Poroznost	0,3 um

Držač filtera

Materijal:	Ni-Cr
Proizvođač:	Zambelli

Sonda za uzorkovanje

Materijal:	Ni-Cr
Proizvođač:	Zambelli
Dužina:	1,5 m
Grijana	da – max. 150 °C

Automatski uređaj za izokinetičko uzorkovanje

Proizvođač:	DADOLAB ST 5
Tip	ST 5
Godina proizvodnje:	2016
Id. br.:	153

Mjerenje se obavlja u dimnjaku na način da je držač filtara s filtrom u odvodnom kanalu i mjerenje se obavlja po mjernim linijama po mjernim točkama definiranim u poglavlju 3.2

4.3.3 Radni uvjeti filtara za uzorkovanje

Temperatura sušenja prije i poslije uzorkovanja:	160 °C
Vrijeme sušenja:	min. 1 sat
Vrijeme stabilizacije u eksikatoru	min. 8 sati na 20 °C
Vagaona je klimatizirana:	da
Vaga	elektronička vaga
proizvođač	METTLER
tip	JP105DUG
godina proizvodnje	2019
Umjernica	da
Id. br.	171

4.3.4 Karakteristike učinkovitosti i njihovo određivanje HRN EN 13284/1:2017Donja granica detekcije

Ukupna praškasta tvar	0,5 mg/m ³
-----------------------	-----------------------

Mjerna nesigurnost (U₉₅)

Ukupna praškasta tvar	za 0,5 mg/m ³ mjerna nesigurnost U ₉₅ = 30%
-----------------------	---

4.3.5 Mjere osiguranja kvalitete

Mjere osiguranja kvalitete su opisane u procedurama i radnim uputama laboratorija LME koje su u skladu s standardom HRN EN 13284/1:2017.

Radne procedure:

LME-PI-17 Emisija iz stacionarnih izvora - Određivanje masene koncentracije krutih čestica niskih koncentracija - ručna gravimetrijska metoda
LME-PI-20 Emisija iz stacionarnih izvora – određivanje brzine i volumnog protoka u odvodnim kanalima

Radne upute:

LME-RI-03 Izračun mjerne nesigurnosti za radni postupak LME-PI-17
LME-RI-14 Izračun mjerne nesigurnosti za radnu uputu LME-PI-20
LME-RI-15 Kontrola automatskog izokinetičkog uzorkivača ZAMBELLI 6000 Isoplus
LME-RI-50 Uputa za rad s instrumentima ISODUST i ISOSPEED
LME-RI-57 Rad s pumpom ST5

5 REZULTATI MJERENJA

5.1 RADNI UVJETI IZVORA EMISIJA ONEČIŠĆUJUĆIH TVARI U ZRAK

Naredni podaci u poglavlju su dobiveni od naručitelja mjerenja, koji odgovara za točnost istih.

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

Prema podacima Naručitelja parametri proizvodnje i gustoća proizvoda u vrijeme mjerenja 18.06.2025., bili su sljedeći:

Opis	Debljina (mm)	Gustoća (kg/m ³)	Početak proizvodnje	Kraj proizvodnje
SPANROCK TX 1200/1200/101 48ST/PAL	104	120	18.06.2025 00:54	18.06.2025 02:51
HARDROCK ENERGY P 2400/600/120 20ST	120	111	18.06.2025 02:51	18.06.2025 03:33
HARDROCK 1000 120/2000/1200 10MW	120	159	18.06.2025 03:33	18.06.2025 04:10
FLAT 70 P/DUROCK EXT 120/2000/1200 10MW	120	146	18.06.2025 04:10	18.06.2025 04:58
Flat 50/MonEP/Hard550 120/2000/1200 10MW	120	132	18.06.2025 04:58	18.06.2025 06:21
Spanrock TT 128/2400/1215 20/P	128	95	18.06.2025 06:21	18.06.2025 07:18
SPANROCK S 128/2400/1215 21P	128	90	18.06.2025 07:18	18.06.2025 08:40
FLAT70PL/DUROCK EX 130/2400/1200 10MW	130	145	18.06.2025 08:40	18.06.2025 10:54
HARDROCK ENERGY P 2400/600/140 18ST	140	109	18.06.2025 10:54	18.06.2025 11:38
Roof 50 PL/Dach 50 PL 150/2000/1200 8 MW	150	120	18.06.2025 11:38	18.06.2025 12:18
HARDROCK ENERGY PLUS 1200/600/160 32SL/P	160	107	18.06.2025 12:18	18.06.2025 13:06
220 PANN/AIR ND 1215/1220/40 64/P HALB	40	50	18.06.2025 13:06	18.06.2025 15:08
DUROCK ENERGY P 2400/600/80 32 ST	80	138	18.06.2025 15:08	18.06.2025 15:50
DUROCK ENERGY P 1200/600/80 64 ST/PAL	80	138	18.06.2025 15:50	18.06.2025 17:26
HARDROCK ENERGY PLUS 1200/600/80 64ST/P	80	119	18.06.2025 17:26	18.06.2025 19:43
HARDROCK ENERGY PLUS 1200/600/100 48ST/P	100	114	18.06.2025 19:43	18.06.2025 21:55
Roof 30 PL/Dach 30 PL 100/1200/600 3/16P	100	100	18.06.2025 21:55	18.06.2025 23:24
234 003 900 2300/1210/100 24ST/PAL	100	95	18.06.2025 23:24	19.06.2025 00:14

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

Dnevni prosjek	Koks	Briketi	Kamenje
	t/dan	t/dan	t/dan
18.06.2025.	50,748	264,546	230,365

Datum/vrijeme	Doziranje veziva (l/h)
18.06.2025. 10,00-13,15	3885

6. REZULTATI MJERENJA

Emisijske koncentracije onečišćujućih tvari u zrak su izražene kao:

C_m koncentracija onečišćujućih tvari u otpadnom plinu pri normiranim uvjetima (0°C, 101,3 kPa, suhi plin).

C_{mO_2} koncentracija onečišćujućih tvari u otpadnom plinu pri normiranim uvjetima (0°C, 101,3 kPa, suhi plin) normirana na referentni kisik prema Rješenju.

EK emitirana količina onečišćujućih tvari u otpadnom plinu (kg/h ili g/h)

Rezultati mjerenja se odnose isključivo na navedeni izvor onečišćenja i za radne uvjete tijekom mjerenja.

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

6.1.1 Volumni protok otpadnih plinova

Podaci o odvodnom kanalu i volumnom protoku

Tablica br. 1

Tablica br. 1			K=	0,84				
Redni broj mjerenja			1	2	3	4	5	6
Datum:			18.06.2025.	18.06.2025.	18.06.2025.	18.06.2025.	18.06.2025.	18.06.2025.
Početak mjerenja			10:50	11:50	12:50	14:10	15:10	16:10
Kraj mjerenja:			11:25	12:25	13:25	14:45	15:45	16:45
Parametar	Jedinica	METODA						
Vanjski uvjeti - temperatura	°C	HRN EN ISO 16911-1	26	26	26	26	26	26
Vanjski uvjeti - tlak	Pa	HRN EN ISO 16911-1	101900	101900	101980	101960	102050	101910
Uvjeti u odvodnom kanalu								
Kisik - O ₂	%	HRN ISO 12039	8,37	8,46	8,54	8,75	8,48	8,23
Uglik (IV) oksid - CO ₂	%	HRN ISO 12039	14,20	14,10	13,99	12,76	13,47	14,14
Dušik - N ₂	%	izračun	69,14	69,04	69,34	69,92	69,40	69,33
ostalo	%	ocjena	<1	<1	<1	<1	<1	<1
apsolutni tlak	Pa	HRN EN ISO 16911-1	101630	101660	101650	101760	101710	101610
apsolutna vlaga	%	HRN EN 14790	8,29	8,40	8,13	8,57	8,65	8,30
temperatura	°C	HRN ISO 10780	286,1	290,7	283,7	275,3	276,4	289,7
gustoća plina	kg/m ³	izračun	0,6511	0,6454	0,6538	0,6593	0,6598	0,6464
promjer u mjernoj ravni	m	iz teh.dokum.	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400
površina presjeka kanala	m ²	izračun	1,539	1,539	1,539	1,539	1,539	1,539
statički tlak	Pa	HRN EN ISO 16911-1	-270	-240	-330	-200	-340	-300
diferencijalni tlak	Pa	HRN EN ISO 16911-1	99,71	99,14	66,60	89,00	91,00	97,70
brzina strujanja plina	m/s	HRN EN ISO 16911-1	14,70	14,72	11,99	13,80	13,95	14,60
protok plina-radni uvjeti (T _{pl} , P _{pl} , H ₂ O)-Q	m ³ /h	HRN EN ISO 16911-1	81427	81550	66413	76450	77276	80894
protok plina (0°C, 101,3 kPa, vlažni plin)	m ³ _N /h	HRN EN ISO 16911-1	39889	39635	32681	38237	38554	39367
protok plina (0°C, 101,3 kPa,suhi plin)	m ³ _N /h	HRN EN ISO 16911-1	36584	36304	30023	34959	35220	36098

6.1.2 Analiza plinova – ukupna praškasta tvar

Analiza ukupne praškaste tvari

Tablica br. 2

Redni broj mjerenja			1	2	3	4	5	6
Datum:			18.06.2025.	18.06.2025.	18.06.2025.	18.06.2025.	18.06.2025.	18.06.2025.
Početak mjerenja			10:50	11:50	12:50	14:10	15:10	16:10
Kraj mjerenja:			11:25	12:25	13:25	14:45	15:45	16:45
Oznaka uzorka			563/25	564/25	565/25	566/25	567/25	568/25
	Jedinica	METODA						
sapnica			8	8	8	8	8	8
volumen uzorkovanog zraka	m ³	HRN EN 13284-1	1,226	1,255	0,822	1,124	1,131	1,209
volumen uzorkovanog zraka-normirani	m ³ _N	HRN EN 13284-1	0,653	0,648	0,524	0,622	0,640	0,640
temperatura u mjerачu plina °C	°C	HRN EN 13284-1	30,3	32,1	32,8	36	37,4	36,1
tlak u mjerачu plina °C	Pa	HRN EN 13284-1	59960	58440	72300	63470	65210	60680
masa uzorkovane ukupne praškaste tvari	mg	HRN EN 13284-1	0,32	0,33	0,35	0,38	0,40	0,32
koncentracija (c _S)	mg/m ³ _N	HRN EN 13284-1	0,49	0,51	0,67	0,61	0,62	0,50
koncentracija - normirano na 8 % O ₂ -(c _N)	mg/m ³ _N	HRN EN 13284-1	0,50	0,53	0,70	0,65	0,65	0,51
maseni protok čestica	kg/h	izračun	0,018	0,018	0,020	0,021	0,022	0,018

6.1.3 Analiza plinova – NO_x, SO₂, O₂

Analiza plinova - NO_x, SO₂, O₂

Tablica br. 3

Redni broj mjerenja			1	2	3	4	5	6
Datum:			18.06.2025.	18.06.2025.	18.06.2025.	18.06.2025.	18.06.2025.	18.06.2025.
Početak mjerenja			10,30	11,30	12,30	14,15	15,15	16,15
Kraj mjerenja:			11,00	12,00	13,00	14,45	15,45	16,45
	Jedinica	METODA						
Koncentracija O ₂	%	HRN EN 14789	8,37	8,46	8,54	8,75	8,48	8,23
koncentracija NO _x - (c _s)	mg/m ³ _N	HRN EN 14792	282,6	295,3	295,3	227,1	248,5	301,2
koncentracija - normirano na 8 % O ₂ - (c _N)	mg/m ³ _N	izračun	290,9	306,1	308,1	241,0	258,0	306,6
maseni protok NO _x	kg/h	izračun	7,7	8,0	8,0	6,2	6,8	8,2
koncentracija SO ₂ - (c _s)	mg/m ³ _N	HRN ISO 7935	1740,1	1712,6	1688,7	1588,6	1684,9	1668,8
koncentracija - normirano na 8 % O ₂ - (c _N)	mg/m ³ _N	izračun	1791,1	1775,4	1761,9	1685,9	1749,5	1698,9
maseni protok SO ₂	kg/h	izračun	47,4	46,6	46,0	43,3	45,9	45,5

6.1.4 Analiza plinova – vodena para

Određivanje sadržaja vodene pare

Tablica br. 4

Redni broj mjerenja			1	2	3	4	5	6
Datum:			18.06.2025.	18.06.2025.	18.06.2025.	18.06.2025.	18.06.2025.	18.06.2025.
Početak mjerenja			10,30	11,30	12,30	14,15	15,15	16,15
Kraj mjerenja:			11,00	12,00	13,00	14,45	15,45	16,45
	Jedinica	METODA						
volumen uzorkovanog zraka	m ³	HRN EN 14790	0,068	0,067	0,068	0,067	0,065	0,068
volumen uzorkovanog zraka-normirani	m ³ _N	HRN EN 14790	0,063	0,062	0,063	0,062	0,060	0,063
temperatura u mjerачu plina °C	°C	HRN EN 14790	21,6	21,8	22	21,9	22,1	22,2
masa vodene pare	g	HRN EN 14790	4,6	4,6	4,5	4,7	4,6	4,6
sadržaj vodene pare	g/m ³	HRN EN 14790	72,6	73,8	71,2	75,4	76,1	72,8
sadržaj vodene pare	%	izračun	8,29	8,40	8,13	8,57	8,65	8,30