

# NAČINI SMANJENJA EMISIJA OTPADNIH GASOVA IZ RAFINERIJSKIH POSTROJENJA

## METHODS OF REDUCING EMISSIONS OF WASTE GASES FROM REFINING PLANTS

**Stojan SIMIĆ<sup>1\*</sup>, Goran ORAŠANIN<sup>1</sup>, Miroslav STANOJEVIĆ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Mašinski fakultet Istočno Sarajevo, Istočno Sarajevo, BIH

<sup>2</sup> Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd

*Tokom proizvodnog procesa u rafinerijama emituju se otpadni gasovi i pare koji zagađuju atmosferu. Emisiju u vazduh u rafinerijama čine gasovi i pare iz procesa prerade sirove nafte, proizvodnje toplotne energije, tehnološke pare i iz pomoćnih procesa. U rafinerijama postoje izvori otpadnih gasova i para čiji je sastav poznat, a emisija kontrolisana. Pored toga, postoje izvori otpadnih gasova i para čiji broj je praktično neograničen i zbog toga je teško kontrolisati njihovu emisiju. Nizom mera u rafinerijama može se smanjiti emisija gasova i para koji se stvaraju pri radu proizvodnih postrojenja. U radu je dat pregled tehničkih rešenja u cilju smanjenja emisija u vazduh prilikom procesa prerade nafte u rafinerijama.*

**Ključne reči:** rafinerije; otpadni gasovi; emisija; tehnička rešenja.

*During the production process in the refineries, waste gases and vapor are emitted into atmosphere. Airborne emission from refineries include gases and vapors from the process of crude oil processing, heat energy production, technological steam and auxiliary processes. There are sources of waste gases and vapors in the refineries wich content is familiar and emission is controlled. In addition, there are practically unlimited number of sources of waste gases and vapors and therefore it is difficult to control their emission. Implementation of a large number of measures in refineries can reduce the emissions of gases and vapors generated by the operation of production plants. This paper presents an overview of technical solutions aim to reduce emissions into the air during the oil refining process in the refineries.*

**Key words:** refineries; waste gases; emission; technical solutions.

### 1. Uvod

Proizvodni procesi i procesi sagorevanja predstavljaju izvor emisije različitih komponenata u životnu sredinu. Za rafinerije je karakteristična visoka emisija različitih polutanata koji ugrožavaju sve ambijente čovekove životne i radne sredine. Pri radu proizvodnih postrojenja u rafinerijama postoje različiti izvori koji emituju gasove i pare. U rafinerijama se dešavaju mnogobrojni destilacijski procesi tokom kojih dolazi do izdvajanja ugljovodonika. I pored značajnih unapređenja efikasnosti sagorevanja, uvođenja i razvoja opreme za prečišćavanje dimnih gasova, postrojenja za sagorevanje su i dalje jedan od najvećih izvora štetnih emisija u vazduh. Procesne peći i kotlovi u rafinerijama emituju relativno velike količine gasova u atmosferu.

U radu je izvršen prikaz proizvodnih postrojenja i procesa u rafinerijama koji emituju gasove i pare u atmosferu, a dat je i predlog tehničkih rešenja za njihovo smanjenje.

### 2. Izvori emisija u vazduh iz procesa prerade nafte

Sirova nafta i njeni proizvodi su zapaljivi, a u toku prerade zagrevaju se na visoke temperature i podvrgavaju visokim pritiscima. Procesna oprema: posude, razmenjivači toplote, pumpe, kompresori, procesne peći, kolone i reaktori su međusobno povezani rastavljivim spojevima na kojima gasovi, pare ili tečnosti pri normalnom radu, prilikom remontnih radova i u slučaju poremećaja u radu dospevaju u životnu sredinu. Zato je neophodno primenjivati različite tehničke i organizacione mere zaštite od potencijalnih fizičkih, hemijskih i zdravstvenih rizika po zaposlene i životnu sredinu.

Prilikom rada rafinerija neophodno je obratiti pažnju na uticaj emisija iz proizvodnih procesa u atmosferu. Svetska banka je 2016. godine izdala preporuke za tipične emisije gasova iz rafinerija nafte (tabela 1.).

S obzirom na proizvodne procese u kojima se pojavljuju, emisije štetnih komponenata u vazduh u naftnoj industriji se dele na [1]:

\* Autor za korespondenciju: stojans@modricaoil.com

- emisije od sagorevanja,
- emisije otpadnih gasova kroz oduške na opremi,
- emisije lakoisparljivih organskih jedinjenja koje se javljaju kao posledica nehermetičnosti opreme na spojevima.

Tabela 1. Preporuke Svetske banke za emisije gasova iz rafinerija nafte (u t/10<sup>6</sup> t obrađene sirove nafte)

Zagađujuće materije	Referentna vrednost
Ugljen-dioksida (CO <sub>2</sub> )	105000 ÷ 276000
Azotni oksidi (NO <sub>x</sub> )	70 ÷ 450
Lebdeće čestice	60 ÷ 150
Sumporni oksidi (SO <sub>x</sub> )	60 ÷ 300
Lakoisparljiva organska jedinjenja (VOC)	65 ÷ 300

Uglavnom su u rafinerijama poznati izvori otpadnih gasova nastalih usled sagorevanja i njihove emisije je jednostavno kontrolisati. Izvore otpadnih gasova i para kroz oduške na opremi i zbog nehermetičnosti opreme na spojevima relativno je teško identifikovati i kontrolisati njihove emisije u vazduh.

### 3. Proizvodna postrojenja i procesi u rafinerijama koji emituju otpadne gasove u atmosferu

Od ukupne emisije u vazduh iz rafinerija, deo gasova se oslobađa tokom procesa prerade sirove nafte, dok ostali gasovi nastaju tokom proizvodnje toplotne energije, tehnološke pare i iz pomoćnih procesa.

Rafinerijski procesi prerade nafte obuhvataju destilacijske procese tokom kojih, u uskim temperaturnim intervalima, dolazi do izdvajanja pojedinih ugljovodonika. Pored toga, postoje i mnogobrojni procesi kojima se ugljovodonici tretiraju, kao što su: termičko krekovanje, koksovanje, reformiranje, alkilacija i izomerizacija. Tokom rafinerijskih procesa emituju se štetne materije koje su potencijalni zagađivači atmosfere, kao što su: ugljovodonici (C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>), sumpor-vodonik (H<sub>2</sub>S), amonijak (NH<sub>3</sub>), merkaptani (RSH) i neki rastvarači.

Sagorevanjem goriva koje se koristi za proizvodnju energije potrebne za nesmetano odvijanje rafinerijskih procesa, nastaju emisije gasova koje stvaraju efekat staklene bašte. Pri sagorevanju goriva najviše se emituje ugljen-dioksida (CO<sub>2</sub>). Pored ugljen-dioksida pri sagorevanju goriva u vazduh se emituje azot-suboksid (N<sub>2</sub>O), metan (CH<sub>4</sub>), ugljen-monoksid (CO), lakoisparljiva organska jedinjenja (VOC) i oksidi sumpora (SO<sub>x</sub>) u većim ili manjim količinama zavisno od načina sagorevanja goriva. Izvori emisija od sagorevanja u rafinerijama su parni kotlovi, grejači, turbine, baklje i ložišta. U tabeli 2. prikazan je pregled emisija iz rafinerija sa njihovim glavnim izvorima.

Prema istraživanju koje je sproveo Američki institut za naftu godišnje se iz naftne industrije emituje oko 1,2·10<sup>9</sup> t ekvivalentne količine ugljen-dioksida (CO<sub>2</sub>). Od te količine na rafinerije otpada 75% ukupnih emisija, a preostalih 25% emisija na istraživanje i proizvodnju nafte i gasa. Proces u rafinerijama gde se emituju gasovi koji izazivaju efekat staklene bašte su: katalitičko krekovanje (oko 22%), prerada nafte (oko 18%), hidroobrada (oko 15%) i reformisanje (oko 8%). Kod istraživanja i proizvodnje nafte i prirodnog gasa više od 50% emisija ugljen-dioksida se javlja kao posledica spaljivanja prirodnog gasa ili otpadnih gasova na baklji. Što se tiče emisija metana, značajnije su tokom prerade nafte (oko 27%), rada kompresora (oko 25%) i rada pneumatskih uređaja (oko 14%) [2].

Procesi i postrojenja u rafinerijama koji emituju najveću količinu otpadnih gasova i para u atmosferu su:

- skladištenje sirove nafte, poluproizvoda i finalnih proizvoda;
- postrojenje za proizvodnju sumpora;
- atmosferska destilacija;
- vakuum destilacija;
- krekovanje;
- katalitičko krekovanje;
- katalitičko reformisanje;
- koksovanje;
- proizvodnja bitumena;

- parni kotlovi;
- procesne peći;
- grejači;
- postrojenja za tretman otpadnih voda;
- kule za hlađenje;
- propuštanje na spojevima (nehermetičnost opreme na spojevima);
- prodivavanje opreme i instalacija;
- motori kompresora.

Tabela 2. Emisije iz rafinerija sa njihovim glavnim izvorima

Zagađujuće materije	Izvor
Ugljen-dioksid	Procesne peći, kotlovi, gasne turbine Regeneratori fluidnog kataličkog krekanja Baklje Spalionice
Ugljen-monoksid	Procesne peći, kotlovi Regeneratori fluidnog kataličkog krekanja Pogon za regeneraciju sumpora Baklje Spalionice
Oksidi azota (N <sub>2</sub> O, NO, NO <sub>2</sub> )	Procesne peći, kotlovi, gasne turbine Regeneratori fluidnog kataličkog krekanja Baklje Spalionice Visokotemperaturne peći
Praškaste materije (uključujući i metale)	Procesne peći i kotlovi posebno kada se koriste tečna goriva Regeneratori fluidnog kataličkog krekanja Postrojenje za proizvodnju naftnog koksa Spalionice
Oksidi sumpora	Procesne peći, kotlovi, gasne turbine Regeneratori fluidnog kataličkog krekanja Baklje Spalionice Pogon za proizvodnju sumpora Visoko temperaturne peći
Lakoisparljiva organska jedinjenja (VOC)	Skladišta i utovarno – istovarne stanice Jedinice za odvajanje gasa API separator Emisije usljed neadekvatnog zaptivanja na spojevima elemenata (ventili sigurnosti, prirubnice i sl.) Odušci Baklje

Za skladištenje sirove nafte, poluproizvoda i finalnih proizvoda u rafinerijama nafte koriste se rezervoari. Rezervoari mogu biti izrađeni sa plutajućim ili fiksnim krovom. Temperatura sirovine u rezervoaru se menja zavisno od spoljašnjih uslova, što uslovljava automatsko prilagođavanje plutajućeg krova nivou tečnosti pa su gubici pri isparavanju minimalni. Rezervoari sa fiksnim krovom nemaju takvu fleksibilnost ali postoji prostor za isparavanje iznad nivoa tečnosti. Padom temperature pada i nivo tečnosti, a isparenja se dešavaju u prostoru iznad tečnog ugljovodnika. Porastom temperature raste nivo tečnosti i u tom slučaju isparenja ugljovodnika iz rezervoara u vazduh ne mogu biti kontrolisana. Curenja (isticanja) i izlivanja iz rezervoara, otvoreni ili slabo ventilirani rezervoari predstavljaju izvore zagađujućih komponenata koje se emituju u atmosferu.

Otpadni gas iz postrojenja za proizvodnju sumpora sadrži jedinjenja sumpora (CO<sub>2</sub>, CS<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>S) koja predstavljaju potencijalne zagađivače vazduha. Ova jedinjenja imaju izuzetno jak miris. Emisija iz postrojenja za proizvodnju sumpora nastaje ukoliko se ne vrši tretiranje otpadnog gasa, odnosno ne postoji jedinica za tretiranje otpadnog gasa. Otpadni gas iz ovog postrojenja sadrži manje od 1% sumpornih jedinjenja, što znači da se efikasnost uklanjanja sumpora kreće preko 98% [3].

Za vreme procesa atmosferske destilacije sirove nafte dolazi do emitovanja otpadnih gasova čiji su polutanti: sumpor-dioksid, ugljen-dioksid i azotni oksidi. Za postrojenje atmosferske destilacije koje u toku

godine preradi  $10^6$  t sirove nafte dnevna emisija sumpor-dioksida iznosi 3,49 t, ugljen-dioksida 360 t, a oksida azota oko 0,62 kg. Količina polutanata zavisi od konstrukcionih karakteristika opreme, vrste nafte i od načina vođenja procesa.

U toku procesa kondenzacije i vakuum destilacije nastaje određena količina polutanata koji se emituju u vazduh. Emisija u vazduh nastaje u kondenzatorima lociranim iza parnih ejektora i vakuum pumpi, koji se koriste za održavanje vakuuma u destilacionoj koloni [4]. Tokom procesa vakuuma destilacije dolazi do emitovanja: sumpor-dioksida, ugljen-dioksida i oksida azota. Postrojenje vakuuma destilacije kapaciteta  $10^6$  t/god dnevno emituje 2,32 t sumpor-dioksida, 180 t ugljen-dioksida i 0,35 t oksida azota [4].

Tokom procesa krekovanja emituju se: čvrste čestice, ugljovodonici, oksidi sumpora, ugljen-monoksid, amonijak i oksidi azota. Prilikom procesa katalitičkog krekovanja jedna od faza procesa je obnavljanje katalizatora u regeneratoru. Čestice i gasovi iz regeneratora predstavljaju najveći izvor emisija u vazduh pri procesu katalitičkog krekovanja. Tokom procesa katalitičkog krekovanja emituju se sledeće količine zagađujućih materija u vazduh: čvrste čestice ( $0,695 \text{ g/m}^3$ ), sumpor-dioksid ( $1,413 \text{ g/m}^3$ ), azotni oksidi ( $0,204 \text{ g/m}^3$ ) i ugljovodonici ( $0,630 \text{ g/m}^3$ ). U manjim količinama se emituju: ugljen-monoksid, aldehidi i amonijak.

Pri procesu katalitičkog reformisanja u vazduh se emituju ugljovodonici i neorganski hlor. Kada se proces katalitičkog reformisanja izvodi uz prisustvo katalizatora u vazduh se ne emituju zagađujuće materije. Takođe, prilikom procesa polimerizacije nema značajnije emisije zagađujućih materija u vazduh, izuzev lakih organskih jedinjenja.

Pri hemijskom tretmanu vrši se obrada frakcija nafte kiselinama, ekstrakcija rastvaračima i dodavanje aditiva. Zagađujuće materije koje se emituju u vazduh pri ovim procesima su: sumpor-dioksid, ugljovodonici i dr.

Koksovanje predstavlja proces termičkog krekovanja kojim se poboljšavaju karakteristike teškog destilata iz vakuuma destilacije i ulja bogatih aromatima. Razlikuju se komorno (produženo) koksovanje i koksovanje u fluidizovanom sloju. Emisije čestica iz procesa produženog koksovanja nastaju usled uklanjanje koksa iz komora, naknadne dorade i skladištenja. Tokom procesa produženog koksovanja u vazduh se emituju benzen i ugljovodonici koji nastaju tokom hlađenja i ventiliranja komora pre uklanjanja koksa. Tokom procesa fluidnog koksovanja u vazduh se emituju čestice koksa. Deo koksa se tokom procesa vraća u reaktor ili šalje u jedinicu za obnavljanje koksa ili na skladištenje. Do zagađenja vazduha može doći tokom skladištenja koksa, kada čestice koksa odlaze u vazduh. Zbog visoke koncentracije sumpora u sirovini za produženo ili fluidno koksovanje u vazduh se emituju gasovita jedinjenja sumpora.

Tokom proizvodnje bitumena u vazduh se emituju otpadni gasovi. Emituju se sledeći otpadni gasovi: sumpor-dioksid, ugljen-dioksid i azotni oksidi. Za rafinerije nafte kapaciteta  $10^6$  t/god pri procesu proizvodnje bitumena dnevna emisija sumpor-dioksida iznosi 138 kg, ugljen-dioksida 19330 kg, a oksida azota oko 21 kg.

Parni kotlovi u rafinerijama služe za proizvodnju tehnološke pare za potrebu proizvodnog procesa. Kao gorivo za parne kotlove najčešće se koristi: prirodni gas, rafinerijski gas, lož ulje ili ostaci prerade nafte. Prilikom sagorevanja prirodnog i rafinerijskog gasa emisije u vazduh su zanemarljive. Ukoliko se kao gorivo za parne kotlove koristi lož ulje ili ostaci prerade nafte u vazduh se emituju zagađujuće materije koje nastaju sagorevanjem nečistoća u gorivu (čestice i sumpor). Emisija azotnih oksida i ugljen-monoksida u vazduh zavisi od konstrukcionih karakteristika sistema za sagorevanje parnih kotlova.

Procesne peći u rafinerijama se koriste za zagrevanje viskozničnih tečnosti ili čvrstih materijala na visoke temperature potrebne za odvijanje tehnološkog procesa. Kao i kod parnih kotlova i kod procesnih peći se koriste ista goriva tako da se i iste zagađujuće materije emituju u vazduh. Emisija zagađujućih materija zavisi od vrste goriva, tipa peći i konstrukcionog rešenja sistema za sagorevanje.

Upotrebom grejača u rafinerijama obezbeđuje se indirektno zagrevanje fluida na određenu temperaturu. Gorivo za proizvodnju toplote spaljuje se u izolovanoj komori iz koje se toplota transportuje na cevi ili cilindrične posude u kojima se nalazi odgovarajući fluid. Na emisije zagađujućih materija u vazduh utiče vrsta goriva i način sagorevanja.

Postrojenja za tretman otpadnih voda u rafinerijama predstavljaju kompleksne sisteme zbog velikog broja različitih zagađivača: ulje, fenoli, sulfidi, rastvoreni čvrsti materijali i toksične hemikalije. Tokovi otpadnih voda sadrže ugljovodonike u tragovima, rastvorene amine i jedinjenja sumpora. Prilikom transporta otpadnih voda u centralno postrojenje za tretman, dolazi do isparenja ugljovodonika, amina i jedinjenja sumpora, kao i njihovog emitovanja u atmosferu. Izvori ovih emisija su nepokriveni kanali, slivni šahtovi i sistemi za sakupljanje otpadnih voda. Jedan deo procesa obrade otpadnih voda odvija se u otvorenim bazenima i rezervoarima. Najznačajnije otpadne materije koje se emituju u vazduh iz postrojenja za obradu otpadnih voda su nekontrolisana lakoisparljiva organska jedinjenja i rastvoreni gasovi koji isparavaju sa pov-

ršine otpadnog toka tokom prolaska kroz otvorene odvode, separatore i bazene. Pri procesima obrade otpadnih voda koji se zasnivaju na kontaktu otpadne vode sa vazduhom, kao što su aeracija i flotacija rastvorenim vazduhom, dolazi do emisije zagađujućih materija u vazduh. Sistemi za obradu rafinerijskih otpadnih voda kao i kanalizacioni sistemi predstavljaju izvore neugodnih mirisa i emisija ugljovodonika iz otvorenih odvoda i separatora nafte. Ove emisije su male i lokalnog su karaktera, a javljaju se kao rezultat procesa: primarne separacije, sekundarne flotacije/filtracije, tercijarne bioprerade, skladištenja i deponovanja mulja.

Kule za hlađenje se koriste za hlađenje vode iz procesnih jedinica u rafinerijama nafte tako da se višak toplote iz vode odvodi u atmosferu. Emisije u vazduh iz kula za hlađenje su nekontrolisano emitovanje lakoisparljivih organskih jedinjenja i gasova izdvojenih iz vode za hlađenje usled kontakta vode i vazduha. Teorijski voda za hlađenje nikada ne dolazi u kontakt sa tečnim ugljovodonicima koji se prerađuju. Međutim, ovi zagađivači ulaze u vodu za hlađenje kao posledica curenja u razmenjivačima toplote i kondenzatorima. Zbog ove mogućnosti nestabilni ugljovodonići mogu ispariti u kuli za hlađenje što rezultuje njihovom emisijom u vazduh. Pored lakoisparljivih organskih jedinjenja kao dominantnog zagađivača vazduha iz vode za hlađenje, takođe su prisutni i rastvoreni gasovi (sumpor-vodonik i amonijak). Kule za hlađenje u rafinerijama nafte u proseku emituju  $0,720 \text{ g/m}^3$  ugljovodonika u vazduh.

Česta pojava u rafinerijama nafte je propuštanje na prirubničkim spojevima cevovoda, navojnim spojevima, zaptivkama pumpi, zaptivkama kompresora i ventilima. Do propuštanja ugljovodonika u vazduh dolazi usled: habanja materijala, lošeg kvaliteta materijala, lošeg kvaliteta izrade delova, nekvalitetnog održavanja i pogrešnog izbora materijala. U jednoj tipičnoj rafineriji postoji na hiljade potencijalnih izvora gde dolazi do propuštanja nestabilnih ugljovodonika u životnu sredinu.

Često se u rafinerijama nafte javlja potreba za prestanak rada proizvodnih postrojenja radi njihovog održavanja, popravki ili sprečavanja mogućih ekscenčnih situacija koje nastaju zbog visokih temperatura i pritiska unutar postrojenja. Zbog ove potrebe, proizvodna postrojenja su obezbeđena sistemima za prodivavanje koji omogućavaju uklanjanje tečnosti i isparenja neposredno pre zaustavljanja postrojenja. Sistem za prodivavanje sastoji se od: ventila, cevi, posude za prigušivanje talasnih udara, itd. u cilju bezbednog transporta isparive tečnosti u proizvodnom postrojenju ili između proizvodnih postrojenja. Tokom transporta ovih tečnosti može doći do pojave koncentrovanih emisija u vazduh.

Kompresori u rafinerijama nafte se koriste za obezbeđenje visokog pritiska za potrebe određenih rafinerijskih procesa. Kao gorivo za pokretanje motora klipnih kompresora koriste se: prirodni gas, rafinerijski gorivni gas i dizel gorivo. Tokom procesa sagorevanja u motoru emituju se otpadni gasovi u vazduh. U poslednje vreme u rafinerijama nafte u sve češćoj upotrebi su gasne turbine koje se koriste za pogon velikih kompresora. Gasne turbine kao gorivo koriste prirodni gas, rafinerijski gas ili destilovanu naftu.

#### 4. Pregled tehničkih rešenja u cilju smanjenja emisija u vazduh

Da bi se smanjila emisija zagađujućih materija u vazduh iz rafinerijskih postrojenja neophodno je primeniti adekvatna tehnička rešenja. Prilikom projektovanja i izgradnje novih rafinerijskih postrojenja koristiti najbolje raspoložive tehnike. Za izgrađena rafinerijska postrojenja može se nizom mera uticati na smanjenje emisija u vazduh tokom proizvodnog procesa i za vreme remontnih radova.

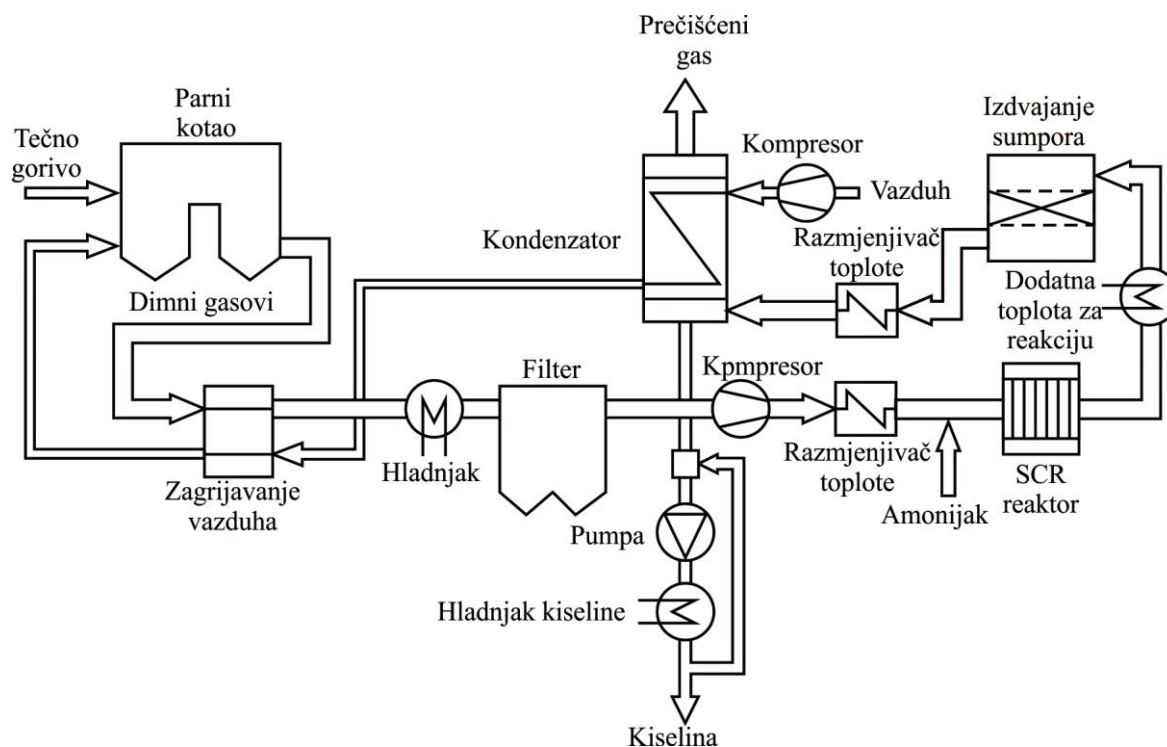
Izvori emisije gasova i para u vazduh iz rafinerija mogu se podeliti u dve grupe. Prva grupa su tzv. tačkasti izvori, koji se mogu pratiti i obrađivati pre ispuštanja, njihova količina i sastav su poznati, a emisija je kontrolisana. To su svi dimnjaci i baklje koji se nalaze na prostoru koji zauzima rafinerija. Drugu grupu zagađivača atmosfere čine nekontrolisani izvori gasova i para, čiji broj je praktično neograničen. To su svi ventili, pumpe, kompresori, rezervoari, sigurnosni ventili, prirubnički spojevi na svim razdvojitim vezama procesne opreme i dr. Emisiju sa ovih mesta je veoma teško locirati, meriti i sprečiti [5].

Parni kotlovi su jedan od primera tačkastih izvora emisija u rafinerijama. Na slici 2. prikazana je šema postrojenja za obradu dimnih gasova koji se emituju iz parnih kotlova.

U rafinerijama se za parne kotlove, procesne peći i grejače najčešće koristi tečno ili gasovito gorivo. Sa aspekta emisija u vazduh prihvatljivije je gasovito gorivo. Međutim, u mnogim rafinerijama se tečno gorivo koristi za proizvodnju toplotne energije neophodne za odvijanje proizvodnog procesa. Od posebnog značaja je prethodni tretman tečnog goriva gde se vrši namešavanje i mešanje (homogenizacija) kako bi se obezbedili satbilni uslovi za sagorevanje i smanjile emisije zagađujućih materija u vazduh.

Kod postrojenja za proizvodnju toplotne energije u rafinerijama potrebno je izvršiti podešavanje gorionika i obezbediti kontinuiranu regulaciju sistema za sagorevanje da bi se obezbedilo potpuno sagorevanje. Kad su kod parnih kotlova i procesnih peći gorionici dobro podešeni i kad se koristi gasovito gorivo (prirodni gas, prečišćeni rafinerijski gas) i kada se kontinuirano meri i automatski održava odnos kis-

eonika i goriva, emisija iz ovih postrojenja je niska. Međutim, ako je sagorevanje nepotpuno, emisija nesagorelih ugljovodonika, čvrstih čestica i ugljen-monoksida može biti veoma visoka.



Slika 2. Šema postrojenja za obradu dimnih gasova koji se emituju iz parnih kotlova

Jedan od načina za smanjenje emisija otpadnih materija u vazduh je optimizacija potrošnje energije i procesa proizvodnje toplotne energije. Smanjenjem potrošnje toplotne energije smanjuje se i potrošnja goriva, a time i količina otpadnih gasova koji se emituju u atmosferu.

Nizom organizacionih mera pri radu proizvodno-energetskih postrojenja može se uticati na racionalizaciju potrošnje toplotne energije. Jedna od organizacionih mera je da proizvodna postrojenja rade maksimalnim kapacitetom čime se u značajnoj meri utiče na podizanje efikasnosti, odnosno smanjenje specifičnih troškova za proizvodnju toplotne energije. Primenom organizacionih mera, pored ekonomskog postiže se i ekološki efekat. U organizacione mere se ubrajaju aktivnosti koje se odnose na sprečavanje i smanjenje ispuštanja gasova i para u atmosferu planskim izvođenjem remontnih radova i redovnim održavanjem opreme. Neophodno je redovno kontrolisati i remontovati ventile, pumpe, kompresore, rezervoare, sigurnosne ventile i prirubničke spojeve na svim razdvojitim vezama procesne opreme.

Postoji više tehnologija koje se primenjuju za smanjenje emisije gasovitih zagađivača u atmosferu, a najčešće se koriste:

- apsorpcija u tečnosti,
- adsorpcija na aktivnom uglju ili na nekoj drugoj poroznoj čvrstoj podlozi,
- hemijska konverzija-prevođenje otpadnog gasa u manje štetan gas termičkom, katalitičkom ili biološkom oksidacijom.

Vodeći projektanti postrojenja koriste neku od navedenih tehnologija za prečišćavanje rafinerijskih gasova.

Na primer, nakon prečišćavanja gasa za loženje i tečnog naftnog gasa procesom apsorpcije sa aminima, kao sporedni proizvod dobija se gas sa koncentracijom sumpor –vodonika preko 90%. Ovaj gas, koji se oslobađa u regeneratore amina, nekada se spaljivao na baklji i oslobađao velike količine sumpornih oksida u atmosferu. Danas se ovaj gas odvodi na postrojenje za proizvodnju sumpora (proces *Klaus*), a gasovi nakon procesa Klaus dodatno prečišćavaju jer se dozvoljena emisija sumpornih oksida stalno snižava.

Iako se u procesu Klaus odstrani i do 98% prisutnog sumpor-vodonika iz otpadnog gasa, preostala količina sumpor-vodonika u izlaznom gasu sa postrojenja Klaus spaljivanjem doprinosi povećanju emisije sumpornih oksida iz rafinerija. Zbog toga se izlazni gas sa ovog postrojenja mora dodatno prečistiti nekim od mnogobrojnih procesa razvijenih za ovu namenu [5].

Prema načinu izdvajanja jedinjenja sumpora savremeni procesi za obradu izlaznog gasa sa Klaus postrojenja zasnovani su: na reakciji sa čvrstim ili tečnim katalizatorom, izdvajanju sumpor-vodonika i sumpor-dioksida iz izlaznog gasa i njihovoj recirkulaciji i procesu oksidacije sumpor-vodonika.

## 5. Zaključak

U radu se pokušalo sagledati koji su osnovni izvori otpadnih gasova i para pri radu procesnih postrojenja u rafinerijama. Sva postrojenja i procesi u rafinerijama su izvori određenih emisija u vazduh. Izvršen je prikaz rafinerijskih postrojenja i procesa koji emituju gasove i pare u atmosferu. Prezentovane su količine i vrste otpadnih gasova i para koje se emituju iz postrojenja u rafinerijama.

Dat je pregled tehničkih rešenja u cilju smanjenja emisija u vazduh prilikom procesa prerade nafte u rafinerijama. Kod novoizgarađenih rafinerija emisije u vazduh su minimalne jer se prilikom projektovanja koriste najbolje raspoložive tehnike. Nizom mera u rafinerijama, koje su projektovane i izgrađene u prošlosti, može se na različite načine smanjiti količina otpadnih gasova koji se emituju iz proizvodnih i energetskih postrojenja.

## 6. Literatura

- [1] **Shires, T. M., Loughran, C. J.**, *API's Compendium of Greenhouse Gas Emissions Methodologies For The Oil and Gas Industry*, American Petroleum Institute, Washington DC, 2004.
- [2] **EtaLev-On, M., Ritter, K., Retzsch, W.**, *Development of Consistent Methodology for Estimating Greenhouse Gas Emissions from Oil and Gas Industry Facilities and Operations*, Society of Petroleum Engineers Inc., 1991.
- [3] \*\*\* <http://www.mcilvainecompany.com>
- [4] **Duković, J., Bojanić, V.**, *Aerozagađenje-pojam, stanje, izvori, kontrola i tehnološka rješenja*. D. P. Institut zaštite i ekologije, Banjaluka, 2000.
- [5] **Dugić, P., Botić, T., Petrović, Z.**, *Tehnologija prerade nafte*, Tehnološki fakultet, Banjaluka, 2017.