

**UTICAJ SPOLJAŠNJIH FAKTORA NA VISINU ŠTETE USLED POŽARA ILI EKSPLOZIJA U RAFINERIJI****THE IMPACT OF EXTERNAL FACTORS ON DAMAGE CAUSED BY FIRE OR EXPLOSION IN REFINERY**

Jovana Stojanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – UPRAVLJANJE RIZIKOM OD KATASTROFALNIH DOGAĐAJA I POŽARA**

**Kratak sadržaj** – Ovaj rad predstavlja statističku analizu prijavljenih nezgoda vezanih za požare u rafinerijama širom sveta koje su prouzrokovale velike eksplozije, gubitke života i materijalne štete. Prikazano je 32 najznačajnija incidenta koji su se dogodili u periodu od 2001.godine do 2017.godine. Ovi slučajevi su analizirani sa ciljem da se razumeju zajednički uzroci koji su doveli do katastrofalnih događaja i kako pojedini spoljašnji faktori poput vremena gašenja požara, razvijenosti i složenosti rafinerije, dnevne proizvodnje nafte, godišnjeg doba, lokacije, uzroka i nadležnosti nad rafinerijom utiču na visinu štete usled požara. Na osnovu dobijenih rezultata u ovom istraživanju može se zaključiti da postoji povezanost između dnevne proizvodnje nafte i visine štete usled požara ili eksplozije u rafineriji.

**Ključne reči:** *Požar u rafineriji, visina štete, uzrok požara, dužina vremena gašenja požara, kvar opreme, proizvodnja nafte*

**Abstract** – *This paper presents a statistical analysis of reported accidents related to fires in refineries around the world that have caused major explosions, loss of life and material damage. The 32 most significant incidents that occurred between 2001 and 2017 are shown. These cases were analyzed to understand the common causes that led to the catastrophic events and how certain external factors such as fire time, refinery development and complexity, daily oil production, season, location, causes and jurisdiction over the refinery affect the amount of damage due to fire. Based on the results obtained in this study, it can be concluded that there is association between daily oil production and the amount of damage caused by fire or explosion in refinery.*

**Keywords:** *Refinery fire, damage costs, cause of fire, length of fire extinguishing time, equipment failure, oil production*

**1. UVOD**

Rafinerije su postrojenja velike opasnosti i složenosti jer se u njima svakodnevno rukuje sa prevelikim brojem opasnih i lako zapaljivih hemikalija, pa proces ni u jednom trenutku nije bezbedan.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Mladen Pečujlija, vanr.prof.**

Do danas su se u svetu desile brojne nesreće u rafinerijama poput curenje nafte, požara i eksplozija, a posledice su ostavile trag na životnu sredinu, okolno stanovništvo i samu državu.

Razvoj automobilske i avionske industrije i potražnja za naftom su doveli do dramatičnog rasta petrohemijske industrije. Požar i eksplozija su dva najveća rizika u pomenutoj industriji, ali iako eksplozije prouzrokuju veće štete jer se dešavaju u trenutku, požari se shvataju ozbiljnije jer se češće dešavaju [8]. Većina hemikalija koje se koriste su zapaljive pri kontaktu sa vazduhom ili vodom, a svako curenje ili prosipanje tokom procesa proizvodnje je uglavnom odmah praćeno vatrom. Kako Lees [6] ističe požari u procesnim jedinicama obično nastaju kao rezultat curenja ili izlivanja tečnosti.

Potencijal za javljanje požara ili eksplozija se povećava usled širenja postojećih kapaciteta, upotrebe zastarele opreme, upotrebe opasnijih hemikalija radi unapređenja procesa prerade, automatizacije operacija čime se smanjuje broj zaposlenih, a samim tim i kontrola već osetljive opreme, relativno slabe konstrukcije cevovoda i rashladnih uređaja, izgradnje većih rezervoara za skladištenje što rezultira visokom koncentracijom zapaljivih proizvoda na relativno malom prostoru i ako se rafinerija nalazi u područjima koja su izložena tornadima, poplavama i zemljotresima [10].

**2.OPASNOSTI U RAFINERIJAMA**

Među opasnostima koje mogu dovesti do požara ili eksplozija u rafinerijama nalaze se prirodni katastrofalni događaji, smrzavanje opreme, oblaci pare, ljudske greške i sabotaze.

Sve je više dokaza da prirodni katastrofalni događaji mogu izazvati tehnološke nesreće. Jaki vetrovi, tornada, poplave, udari groma mogu dovesti do oslobađanja opasnih materija prouzrokujući oštećenja opreme, oštećenja cevi i priključaka, kratke spojeve, nestanak struje, razaranje rezervoara i strukturna oštećenja objekata [4]. Procenjuje se da udari groma prouzrokuju 61 % svih nesreća rezervoara [2].

Neki od mogućih problema koji se javljaju u vreme smrzavanja su opasni radni uslovi za zaposlene, povećan pritisak na opremu koja generiše toplotu, kvar instrumentata, prekid komunikacija, zamrzavanje ranjivih cevovoda, smanjenje performansi akumulatora i pucanje cevovoda usled zamrzavanja i odmrzavanja [1].

Odavno je prepoznato da se požar ili eksplozija oblaka pare mogu dogoditi kao rezultat prosipanja goriva ili zapaljivih materijala iz nadzemnih rezervoara za skladištenje. Česti uzroci koji bi mogli prouzrokovati izlivanje uključuju prelivanje, curenje iz istrošenih i korodiranih rezervoara i gubitak sadržaja zbog pucanja cevovoda [7]. Eksplozije isparenja su katastrofalne jer se oblaci pare mogu širiti na druge lokacije i nakon kontakta sa izvorom paljenja dovesti do eksplozije.

### 3. POSLEDICE POŽARA U RAFINERIJAMA

I u normalnim uslovima funkcionisanja rafinerije znatno doprinose zagađenju životne sredine ponajviše kroz zagađenje vazduha ugljen-dioksidom koji dalje doprinose jačem efektu staklene bašte, a kod ljudi može prouzrokovati respiratorna oboljenja, probleme sa srcem, pa čak i rak jer su mnoga jedinjenja koja se koriste prilikom procesa prerade nafte kancerogena.

S obzirom da i u normalnim okolnostima rafinerije predstavljaju veliku opasnost, posledice prilikom požara i eksplozija na okolno stanovništvo i životnu sredinu mogu biti katastrofalne.

Veći katastrofalni događaji kao što su nesreće u Sevezu i Bopalu su prouzrokovale zabrinutost za javno zdravlje stanovništva i preživelih u katastrofalnim događajima u pogođenim područjima zbog povećanih emisija toksičnih materija [3].

Požari mogu izazvati gubitak miliona barela sirove nafte dnevno. U kombinaciji sa ekološkim problemima uzrokovanim velikim količinama dima i nafte koja nije potpuno izgorela, požari u rafinerijama mogu prouzrokovati velike ekonomske gubitke, pa čak i zatvaranje rafinerije.

Najočitiji znaci požara su suspendovane čestice i karbonizovane čestice (čad) koje formiraju ogromne oblake dima. Opasnosti koje ti oblaci predstavljaju zavise od njihove veličine i sastava. Najveću opasnost predstavljaju suspendovane čestice PM10 i PM2.5 jer se čestice u ovom rasponu veličina mogu naseljavati duboko u plućima [9]. Dim može sadržati i druge komponente uključujući razne teške metale poput nikla, vanadijuma, gvožđa, aluminijuma, berilijuma, kadmijuma, hroma, arsena, silicijuma, cinka i olova [9].

### 4. SPREČAVANJE POŽARA U RAFINERIJAMA

Od 18.veka u vreme industrijske revolucije akcenat se počeo stavljati na pitanja vezana za sigurnost i zdravlje ljudi i zaštitu životne sredine [8]. Statistički podaci pokazuju da je otprilike između 75% i 80% požara predvidivo i da ih je moguće sprečiti [8]. Postoje različite tehnike za analiziranje rizika od požara i eksplozija. Indeks požara i eksplozija je jedan od indeksa rizika razvijen u poslednje dve decenije. Predstavlja prilično jednostavnu i kompleksnu metodu koja izračunava ukupni rizik procesne jedinice i uključuje sistematsku procenu potencijala požara i eksplozije, reaktivnost dostupnog materijala i procesne opreme [8].

Sigurnost performansi rafinerije zavisi od kompleksnog višeslojnog sistema zaštite koji uključuju dizajn, konstrukciju, funkcionisanje, održavanje, sisteme prevencije i sisteme za reagovanje i ublažavanje [7].

Rafinerije mogu razvijati i implementirati dobre procedure istrage incidenta kako bi se pronašli uzroci i izvukli zaključci radi sprečavanja ponovnog javljanja požara ili eksplozije. Oprema koja se koristi mora biti projektovanatako da izdrži radne uslove kojima će biti podvrgnuta. Reaktori, kotlovi i druge posude pod pritiskom trebaju biti izolovane od druge opreme i od zapaljivih i toksičnih materijala [1].

### 5. ISTRAŽIVANJE

Istraživanje je bazirano na 32 najznačajnije nesreće u rafinerijama koje su se dogodile u periodu između 2001. godine i 2017. godine i o kojima su prikupljeni zvanični podaci poput lokacije, datuma požara ili eksplozije, dužine vremena gašenja požara, uzroka požara, broja povređenih, u čijoj se nadležnosti rafinerija nalazi, dnevne proizvodnje nafte, godine osnivanja rafinerije i procenjene štete usled požara. Cilj ovog istraživanja jeste proučiti uticaj nezavisnih varijabli (kojih ima sedam) i to područje (kontinent na kojem se rafinerija nalazi), uzrok požara, godišnje doba, vreme gašenja požara, starost rafinerije, dnevna proizvodnja nafte i nadležnost nad rafinerijom na zavisnu varijablu- visinu štete usled požara ili eksplozije.

Istraživačka tehnika korišćena u ovom istraživanju jeste analiza sadržaja, a istraživački instrumenti su dokumenti o rafinerijama koji se odnose na godinu izgradnje rafinerije, njen tačan položaj, dnevnu proizvodnju nafte i podatke o kompaniji u čijoj se nadležnosti rafinerija nalazi; fotografije, snimci i novinarski članci o požarima u rafinerijama, njihovom uzroku, vremenu gašenja požara i problemima prilikom gašenja.

Tabela 1. Prikaz rezultata varijabli na nominalnom nivou

	F	Sig.
Područje rafinerije	1,883	,142
Uzrok požara	1,296	,294
Godišnje doba	,181	,909
Nadležnost nad rafinerijom	,516	,602

Tabela 2. Prikaz rezultata varijabli na intervalnom nivou

	B	Sig.
Vreme gašenja požara	,068	,662
Starost rafinerije	,206	,211
Dnevna proizvodnja barela nafte	,612	,001

U Tabelama 1. i 2. su prikazani rezultati dobijenim ovim istraživanjem.

Na osnovu dobijenih rezultata u ovom istraživanju može se zaključiti da postoji povezanost između dnevne proizvodnje nafte i visine štete usled požara ili eksplozije u rafineriji (B= 0,612, p=0,001). Pretpostavljeno je da će šteta biti veća ukoliko u rafineriji postoji više zapaljivih hemikalija jer se požar može brzo proširiti i zahvatiti ostale jedinice i tako izazvati sekundarne požare. Velika količina nafte i drugih zapaljivih materija može doprineti i

sporijem gašenju požara. Istraživanjem je utvrđeno i da se usled povećanja dnevne proizvodnje nafte povećava i visina štete usled požara u rafineriji.

Zbog korelacije između dnevne proizvodnje nafte i visine štete usled požara, poželjno bi bilo da se nastoji smanjiti dnevna proizvodnja nafte jer ako dođe do požara ili eksplozije biće zahvaćeno manje procesnih jedinica i manja količina zapaljivih hemikalija pa će samim tim proces gašenja požara biti jednostavniji.

Kompanije u čijoj se nadležnosti rafinerije nalaze bi trebale više da se fokusiraju na mere zaštite od požara, a ne konstantno širenje rafinerije i građenje novih procesnih jedinica, povećanje dnevne proizvodnje nafte radi što većeg profita jer će u slučaju požara ili eksplozije štete biti enormne i velika je mogućnost da se rafinerija ne obnovi i zatvori.

## 6. ZAKLJUČAK

Trenutno u svetu postoji oko 700 rafinerija [11]. Rafinerije su nesumnjivo veoma opasne i visoko rizične, a opasnosti uglavnom nastaju jer procesiraju ugljovodnike na visokoj temperaturi i visokom pritisku [11].

Glavne opasnosti u rafinerijama su požari i eksplozije jer se u njima obrađuje mnogo hemikalija sa niskom tačkom paljenja [5]. Iako postoje sistemi i operativne prakse dizajnirane da spreče takve katastrofalne događaje, ipak se mogu pojaviti pa je neophodno stalno praćenje. Neke od zaštitnih mera uključuju sisteme upozorenja, hitne procedure i neophodne dozvole za bilo koju vrstu opasnog rada, zabranu upotrebe šibica, upaljača, cigareta osim u posebno određenim područjima [14].

Neophodno je posebnu pažnju posvetiti pravilnom dizajnu i rasporedu opreme, izboru materijala, lokaciji, pouzdanosti instrumenata koji utiču na bezbedan rad rafinerije, prirodne opasnosti poput vetrova, poplava, zemljotresa, dizajnu adekvatnih puteva za transport i komunikaciju i izlazima radi bezbedne evakuacije ljudi jer se na ovaj način može uticati na smanjenje štete usled požara.

Prilikom požara ili eksplozije u rafineriji, kompanije uglavnom akcenat stavljaju na materijalne štete, na oštećenje imovine, opreme i smanjenu proizvodnju barela nafte, dok u senci ostaju posledice koje požari i eksplozije prouzrokuju kod ljudi, posebno onih sa respiratornim problemima, zagađenje životne sredine, prvenstveno zagađenje vazduha kroz enormno ispuštanje ugljen-dioksida, sumpor-dioksida, suspendovanih čestica, benzena i raznih drugih opasnih jedinjenja.

## 7. LITERATURA

[1] API PR, „Fire Protection in Refineries“, <https://ballots.api.org/sfp/ballots/docs/RP2001BallotDraft9thEd.pdf> (pristupljeno u junu 2019.), 2001.

[2] Atherton, T. & Ash, J.W., „Review of failures, causes & consequences in the Bulk Storage Industry“, Liverpool John Moores University, 2014.

[3] Baccarelli, A., Pesatori, A.C., Masten, S.A., Patterson, D.G., Needham, L.L., Mocarelli, P., Caporaso, N.E., Consonni, D., Grassman, J.A., Bertazzi, P.A. & Landi, M.T., „Aryl-hydrocarbon receptor-dependent pathway

and toxic effects of TCDD in humans: a population-based study in Seveso, Italy”, *Toxicol Lett*, 149 (1-3), 287-293, 2004.

[4] Cruz, A.M., Steinberg, L.J., & Luna, R., “Identifying Hurricane- Induced Hazardous Material Release scenarios in a Petroleum Refinery”, *Natural Hazards Review*, 2(4), 2001.

[5] IHSA, “Oil Refineries and Petrochemical Plants”, *Construction Health and Safety Manual*, [https://www.ihsa.ca/rtf/health-safety-manual/pdfs/locations/Oil\\_Refineries.pdf](https://www.ihsa.ca/rtf/health-safety-manual/pdfs/locations/Oil_Refineries.pdf) (pristupljeno u junu 2019.), 2017.

[6] Lee, B., “Refinery and Petrochemical Plant Fire Protection”, [http://www.fpa.com.au/media/222116/020217\\_formatted\\_refinery\\_and\\_petrochemical\\_plant\\_fire\\_protection.pdf](http://www.fpa.com.au/media/222116/020217_formatted_refinery_and_petrochemical_plant_fire_protection.pdf) (pristupljeno u junu 2019.)

[7] Mannan, S.M., “A technical analysis of the Buncefield Explosion and Fire”, *Hazards XXI: Process Safety and Environment Protection in a Changing World Symposium Series No 155*, 662-673, <https://www.icheme.org/media/9590/xxi-paper-094.pdf> (pristupljeno u avgustu 2019.), 2009.

[8] Mardani, M., Lavasani, S.M., & Omidvari, M., “An investigation into DOW and MOND indices with fuzzy logic based on fire and explosion risk assessment in Iran oil refinery”, *UCT Journal of Research in Science, Engineering and Technology*, 2(3), 126-137, 2014.

[9] Rostker, B., “Environmental Exposure Report-Oil Well Fires”, *Department of Defense*, [https://gulflink.health.mil/owl\\_ii\\_s04.htm](https://gulflink.health.mil/owl_ii_s04.htm) (pristupljeno u septembru 2019.), 2000.

[10] Stephens, M.M., “Minimizing damage to refineries from nuclear attack, natural and other disasters”, *The Office of Oil and Gas, The Department of the Interior*, 1970.

[11] Thomson, J., “Refineries and Associated Plant: Three Accident Case Studies”, *Safety in Engineering Ltd*, [www.safetyinengineering.com/FileUploads/Refineris%20and%203%20accident%20case%20studies%20v2\\_1370770924\\_2.pdf](http://www.safetyinengineering.com/FileUploads/Refineris%20and%203%20accident%20case%20studies%20v2_1370770924_2.pdf) (pristupljeno u junu 2019.), 2013.

### Kratka biografija:



**Jovana Stojanović** rođena je u Kragujevcu 1996. god. Master studije na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Upravljanje rizikom od katastrofalnih događaja i požara upisala je 2018.god.  
kontakt: jovana.stojanovic96@hotmail.com