

# GAŠENJE POŽARA NA POSTROJENJU ZA PRIMARNU DESTILACIJU SIROVE NAFTE

---

**Dušić, Gianfranco**

**Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni**

**2019**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:216429>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-29**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

# GAŠENJE POŽARA NA POSTROJENJU ZA PRIMARNU DESTILACIJU SIROVE NAFTE

---

**Dušić, Gianfranco**

**Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni**

**2019**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:216429>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2023-02-16**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

**Veleučilište u Karlovcu**  
**Odjel sigurnosti i zaštite**  
**Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti i zaštite**

**Gianfranco Dušić**

**GAŠENJE POŽARA NA POSTROJENJU ZA  
PRIMARNU DESTILACIJU SIROVE NAFTE**

**ZAVRŠNI RAD**

**Karlovac, 2019.**

Karlovac University of Applied Sciences  
Safety and Protection Department  
Professional graduate study of Safety and Protection

Gianfranco Dušić

# **FIRE EXTINGUISHING ON THE PRIMARY DISTILLATION PLANT OF CRUDE OIL**

FINAL PAPER

Karlovac, 2019

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel sigurnosti i zaštite  
Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti i zaštite

Gianfranco Dušić

# **GAŠENJE POŽARA NA POSTROJENJU ZA PRIMARNU DESTILACIJU SIROVE NAFTE**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

mr.sc. Đorđi Todorovski, dipl.ing.

Karlovac, 2019

## PREDGOVOR

Na kraju svakog studija pravila i običaj nalažu da se stečeno znanje objedini i okruni u jednom, završnom radu. Motiv za temu rada nisam htio tražiti daleko, u nečem teško dostupnom i ponekad suviše imaginarnom. Htio sam da to bude nešto što dobro razumijem, o čemu posjedujem dovoljno potrebne dokumentacije te o čemu imam pouzdane informacije iz prve ruke. Iz tog razloga odabrao sam proanalizirati i razraditi slučaj požara koji se dogodio u mom radnom okruženju, u rafineriji nafte Rijeka. Želja mi je da ovaj rad u budućnosti posluži kako meni, tako i drugim profesionalnim vatrogascima u pronalaženju odgovora na pitanje kako postupiti u sličnoj situaciji.

Veliko hvala cijeloj mojoj obitelji na podršci, razumijevanju i strpljenju, a mom ocu i na stručnoj pomoći i savjetima u domeni vatrogastva.

Na kraju se iskreno zahvaljujem svom profesoru i mentoru mr.sc. Đorđiju Todorovskom na pomoći oko izrade ovog rada te susretljivosti i jednostavnosti zbog koje ću ga uvijek rado pamtiti.

## SAŽETAK

U ovom se radu kroz raščlambu požara u rafineriji nafte Rijeka, na postrojenju za primarnu destilaciju sirove nafte, obrađuje gašenje požara zapaljive tekućine.

Požari zapaljivih tekućina predstavljaju niz specifičnosti zbog kojih su svrstani u zasebnu klasu požara. Poznavanje fizikalnih i kemijskih svojstava zapaljivih tekućina, vrsta i karakteristika sredstava i tehnike za gašenje te taktičkih nastupa pri intervencijama sa zapaljivim tekućinama, nužan je preduvjet koji treba ispuniti kako bi se napravila što bolja analiza konkretnog događaja. Stoga je prvi dio rada posvećen navedenim cjelinama.

Koncepcija analize gašenja požara napravljena je na način da se prethodno opišu sve bitne značajke navedenog postrojenja, od principa rada i izvora opasnosti do mjera zaštite od požara i eksplozija. Iza toga slijedi rekonstrukcija događaja u kojoj su kronološki navedeni svi postupci i radnje vezani za rad vatrogasnih snaga, od dojave do završetka gašenja. Analiza završava procjenjivanjem svake pojedine radnje i postupka u tijeku intervencije te dodjelom potencijalno boljih rješenja.

U zaključku rada objedinjeni su svi čimbenici vezani uz podizanje razine profesionalizma čime se osigurava veća efikasnost na intervencijama na maksimalno moguće siguran način.

Ključne riječi: rafinerija nafte, zapaljive tekućine, požar i eksplozija, analiza intervencije, mjere zaštite od požara i eksplozija

## **SUMMARY**

In this paper, through the analysis of fires in the Rijeka oil refinery, the facility for primary distillation of crude oil treats the extinguishing of flammable liquids.

Flammable fluid fires represent a number of specificities that make them a separate class of fire. Knowledge of the physical and chemical properties of flammable liquids, the types and characteristics of extinguishing agents and techniques, and the tactical appearances of interventions with flammable liquids is a necessary prerequisite that should be fulfilled in order to make the best possible analysis of specific events. Therefore, the first section is dedicated to the units visited.

The concept of fire extinguishing analysis is designed to enable the description of all relevant information on the installations visited, from the central administration and sources of danger to the extent of fire and explosion protection. This is followed by a reconstruction of the event, which chronologically lists all procedures and actions related to the work of the fire forces, from the notification to the completion of the firefighting. The analysis ends with an evaluation of each individual work and a process of ongoing interventions with the allocation of potential better solutions.

The conclusion of the paper combines all factors related to raising the level of professionalism, which ensures greater efficiency in interventions in the most credible way.

Keywords: oil refinery, flammable liquids, fire and explosion, intervention analysis, fire and explosion protection measures



## SADRŽAJ

|   | Stranica |
|---|----------|
| ZAVRŠNI ZADATAK.....  | I        |
| PREDGOVOR.....  | II       |
| SAŽETAK.....  | III      |
| SADRŽAJ.....  | IV       |
| 1. UVOD.....  | 1        |
| 1.1. Predmet i cilj rada.....                                     | 1        |
| 1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja.....                   | 2        |
| 2. ZNAČAJKE PROCESA GORENJA POŽARA RAZREDA „B“ .....              | 3        |
| 2.1. Općenito o zapaljivim tekućinama.....                        | 3        |
| 2.2. Proces gorenja zapaljivih tekućina.....                      | 4        |
| 2.3. Oblici gorenja zapaljivih tekućina.....                      | 6        |
| 3. VRSTE I ZNAČAJKE SREDSTAVA ZA GAŠENJE POŽARA RAZREDA „B“ ..... | 7        |
| 3.1. Suhi prah .....  | 7        |
| 3.2. Pjena.....   | 8        |
| 3.2.1. Pjene koje stvaraju vodeni film.....                       | 11       |
| 3.2.2. Pjene za gašenje polarnih tekućina.....                    | 11       |
| 3.2.3. Kriteriji koji određuju kvalitetu teške pjene.....         | 12       |
| 4. VATROGASNA TEHNIKA NAMIJENJENA ZA GAŠENJE POŽARA RAZREDA „B..  | 13       |
| 4.1. Stabilni sustavi za gašenje požara razreda „B“ .....         | 13       |
| 4.1.1. Hidrantska mrežasa fiksnim bacačima pjene.....             | 14       |
| 4.1.2. Stabilni sustavi za gašenje zračnom pjenom.....            | 16       |

|   |    |
|---|----|
| 4.1.3. Stabilni sustav za gašenje požara ugljičnim dioksidom (CO <sub>2</sub> ).....                                | 21 |
| 4.1.4. Stabilni sustav za gašenje požara vodenom parom.....   | 23 |
| 4.2. Vatrogasna vozila namijenjena gašenju požara razreda „B“ .....   | 24 |
| 5. VATROGASNA TAKTIKA UPORABE SREDSTAVA, UREĐAJA I OPREME ZA<br>GAŠENJE POŽARA RAZREDA „B“ .....                    | 27 |
| 5.1. Taktička upotreba sredstava za gašenje požara razreda „B“ .....  | 27 |
| 5.1.1. Taktička upotreba zračnih pjena za gašenje požara razreda „B“ .....  | 27 |
| 5.1.2. Taktička upotreba suhog praha za gašenje požara razreda „B“ .....  | 30 |
| 5.1.3. Taktička upotreba vode za gašenje požara razreda „B“ .....   | 32 |
| 5.1.4. Taktička upotreba ugljičnog dioksida (CO <sub>2</sub> ) i vodene pare za gašenje požara<br>razreda „B“ ..... | 33 |
| 6. VATROGASNA INTERVENCIJA GAŠENJA POŽARA NA POSTROJENJU<br>ATMOSFERSKE DESTILACIJE SIROVE NAFTE - TOPPING 3.....   | 34 |
| 6.1. Opis postrojenja Topping 3 .....   | 34 |
| 6.1.1. Makrolokacija.....   | 34 |
| 6.1.2. Mikrolokacija.....   | 35 |
| 6.1.3. Opis tehnološkog procesa.....  | 36 |
| 6.1.4. Izvori opasnosti i mjere zaštite od požara i eksplozija.....   | 38 |
| 6.1.5. Sustav tehničke protupožarne zaštite.....  | 40 |
| 6.1.6. Održavanje i ispitivanje stabilnih sustava za gašenje/hlađenje.....  | 45 |
| 6.2. Rekonstrukcija događaja - požar na Toppingu 3.....   | 47 |
| 6.3. Proračun sredstava za gašenje.....   | 51 |
| 6.4. Službeno izvješće o događaju .....   | 51 |
| 6.5. Analiza vatrogasne intervencije .....  | 52 |
| 6.5.1. Evaluacija obavljenih radnji i postupaka prema tijeku intervencije.....                                      | 52 |

|  |    |
|--|----|
| 6.5.2. Rezime analize vatrogasne intervencije..... | 56 |
| 7. ZAKLJUČAK.....                                  | 57 |
| 8. LITERATURA.....                                 | 58 |
| 9. PRILOZI.....                                    | 60 |
| 9.1. Popis simbola (korištenih kratica).....       | 60 |
| 9.2. Popis slika.....                              | 61 |
| 9.3. Popis tablica.....                            | 62 |

## 1. UVOD

Požari u naftnoj industriji odavno su postali „normalna“ posljedica radnog procesa. Unatoč razvoju tehnologije, u vidu same procesne opreme pa sve do protupožarnih sustava i uređaja, požari i eksplozije uvijek će biti realna potencijalna opasnost na tim mjestima. Toj činjenici najviše doprinosi ljudski faktor, prvenstveno u dijelu koji se odnosi na održavanje opreme. Istrage koje slijede nakon svakog većeg požara ili eksplozije, a koji rezultiraju velikim materijalnim štetama ili gubicima ljudskih života, dokazuju prethodnu konstataciju. Bez obzira što se ponekad može lako zaključiti da je za određenu radnju jedini krivac radnik, istragu je uvijek potrebno proširiti do samog vrha linije odgovornosti. Sustavno zanemarivanje ulaganja u održavanje opreme, manjkavost u edukacijama i vježbama, loš rad sektora ljudskih resursa, slab nadzor radova i ostale preventivne mjere za rad na siguran način, polako ali sigurno dovode do katastrofalnih posljedica po ljude i imovinu.

### 1.1. Predmet i cilj rada

Ovim završnim radom opisana je vatrogasna intervencija gašenja požara koji se dogodio 17.08.2014. u rafineriji nafte Rijeka. Navedeni događaj ističe se visokim stupnjem rizika kojem su bili izloženi djelatnici postrojenja kao i vatrogasno osoblje. Materijalna šteta prouzročena požarom negativno se odrazila na poslovanje tvrtke zbog stajanja postrojenja do saniranja.

Cilj rada je kroz analizu gašenja požara na postrojenju za primarnu destilaciju sirove nafte, donijeti zaključke na temelju kojih će se iznaći rješenja za poboljšanje cjelokupne situacije vezane uz zaštitu od požara i eksplozija u industrijskim postrojenjima, od preventivnih do operativnih mjera. Poseban naglasak dan je na rad vatrogasnih postrojbi u gospodarstvu te na suradnji sa javnim vatrogasnim postrojbama i drugim žurnim službama, kao preduvjet za uspješno svladavanje i najtežih intervencija u kemijskoj industriji.

## **1.2. Izvori podataka i metoda prikupljanja**

Pri izradi teorijskog dijela rada korištena je dostupna stručna literatura u vidu tiskanih knjiga, internih skripti u vlasništvu INA d.d., Procjena ugroženosti od požara i eksplozija za rafineriju nafte Rijeka, Plan zaštite od požara i eksplozija za rafineriju nafte Rijeka te pravilnici i upute dostupni na web stranicama.

Za eksperimentalni dio, odnosno deskriptivnu analizu gašenja požara na postrojenju Topping 3, korištena je interna dokumentacija profesionalne vatrogasne postrojbe INA Urinj, kao i metoda intervjuiranja članova vatrogasne postrojbe koji su sudjelovali na spomenutoj intervenciji.

## 2. ZNAČAJKE PROCESA GORENJA POŽARA RAZREDA „B“

Požari razreda „B“ odnose se na požare zapaljivih tekućina: nafte i njenih derivata, alkohola, etera, raznih otapala, boja i lakova, mineralnih ulja i ostalih zapaljivih tekućina. U požare razreda „B“ svrstavaju se i požari voska, katrana i nekih sintetskih polimernih materijala (plastične mase) koje su na sobnoj temperaturi krutine (pod utjecajem topline se tope i isparavaju zavisno o aditivu a potom te iste pare izgaraju plamenom).

### 2.1. Općenito o zapaljivim tekućinama

Zapaljive tekućine su tvari koje imaju penetraciju veću od 300 jedinica penetracije (1/10 mm) određenu prema normi za metode ispitivanja bitumena HRN U.M8.010 i čiji je tlak pare na 323,15 K (50° C) manji od 300 kPa (3 bara), a dijele se prema temperaturi plamišta na upaljive (lako zapaljive) tekućine čija je temperatura plamišta jednaka ili manja 311,15 K (38° C) i gorive tekućine čija je temperatura plamišta iznad 311,15 K (38° C) i dodatno se razvrstavaju u skupine prema temperaturama plamišta i vrelišta sukladno HRN Z.C0.007 kako slijedi: [1]

I. Skupina zapaljivih tekućina dijeli se u podskupine:

I. A - tekućine čija je temperatura plamišta niža od 23° C, a vrelište ispod 38° C,

I. B - tekućine čija je temperatura plamišta niža od 23° C, a vrelište iznad 38° C i

I.C - tekućine čija je temperatura plamišta od 23° C do 38° C,

II. Skupina zapaljivih tekućina su tekućine čija temperatura plamišta od 38° C do 60° C,

III. Skupina zapaljivih tekućina dijeli se u podskupine:

III. A - tekućine čija je temperatura plamišta od 60° C do 93° C i

III. B - tekućine čija je temperatura plamišta viša od 93° C, ali ne više od 100° C

**Plamište** - najniža temperatura pri kojoj će se iznad površine zapaljive tekućine stvoriti dovoljna količina zapaljivih para koju će se u smjesi sa zrakom moći zapaliti vanjskim izvorom paljenja. Pare prestaju gorjeti čim se makne vanjski izvor paljenja.

**Temperatura paljenja** - najniža temperatura na kojoj će neka goriva tvar oslobađati dovoljnu količinu toplinske energije da može nastaviti kontinuirano gorjeti bez daljnjeg prisustva vanjskog izvora paljenja.

**Vrelište** - temperatura pri kojoj tekućine cijelom svojom masom prelaze iz tekućeg u plinovito agregatno stanje. Tlak para tekućine se izjednačava sa tlakom okoline.

**Stinište (točka tečenja)** - temperatura na kojoj neka tekućina prestaje teći ako se hladi uz propisane uvjete.

## **2.2. Proces gorenja zapaljivih tekućina**

Kada govorimo o procesu gorenja zapravo pričamo o kemijskoj reakciji oksidacije gdje se goriva tvar velikom brzinom spaja sa oksidansom, najčešće kisikom iz zraka, uz pojavu topline, svjetlosti i dima. Da bi došlo do pojave gorenja potrebno je zadovoljiti četiri osnovna uvjeta: prisustvo gorive tvari, postignuta temperatura paljenja, prisustvo dovoljne količine kisika potrebne za odvijanje oksidacije te nesmetano odvijanje kemijskih lančanih reakcija.

Kemizam izgaranja zapaljivih tekućina sastoji se od nekoliko koraka: djelovanjem topline na tekuću fazu zapaljive tekućine započinje proces isparavanja odnosno prelaska iz tekućeg u plinovito agregatno stanje. Daljnjim prinošenjem dovoljne količine toplinske energije uz povoljnu koncentraciju kisika iz zraka dolazi do procesa gorenja. Iz ovoga je vidljivo da u biti ne gore zapaljive tekućine već njihove pare. (slika 1.) Promatrajući gorenje para zapaljivih tekućina vidljivo je da plamen nikada ne dodiruje površinu zapaljive tekućine. Razlog tome leži u prevelikoj koncentraciji zapaljivih para neposredno iznad površine zapaljive tekućine.



Sl. 1. Gorenje para zapaljivih tekućina [2]

Postoje dva osnovna mehanizma zapaljenja para zapaljivih tekućina: samozapaljenje i zapaljenje vanjskim izvorom paljenja.

Kod samozapaljenja dolazi do zagrijavanja ukupne mase zapaljive tekućine pri kojoj pare zapaljive tekućine dosežu temperaturu pri kojoj se uz prisustvo kisika iz zraka pale bez djelovanja vanjskog izvora paljenja. Ta se temperatura naziva temperatura samozapaljenja. Kao primjer iz prakse možemo navesti princip rada dizel motora sa unutarnjim sagorijevanjem: sabijanjem odnosno povećanjem tlaka zraka, a time i temperature u cilindru, fino raspršena zapaljiva tekućina (diesel gorivo) se ubrizgava i dolazi do samozapaljenja/eksplozije potrebne za pretvorbu kemijske u kinetičku energiju. Temperatura samozapaljenja zapaljivih tekućina je uvijek znatno viša od temperature plamišta. [1]

Kod zapaljenja vanjskim izvorom paljenja dovoljno je da temperatura zapaljive tekućine dosegne temperaturu plamišta. Ona u principu predstavlja donju granicu zapaljivosti/eksplozivnosti - najmanja koncentracija zapaljivih para koja u smjesi sa kisikom iz zraka može gorjeti/eksplozirati. Ispod te granice ne postoji dovoljna količina gorive tvari (zapaljivih para), te se kaže da je smjesa „presiromašna“ da bi gorjela/eksplozirala. Da bi se nastavilo kontinuirano gorenje potrebno je da zapaljiva tekućina dosegne temperaturu paljenja, što znači da se oslobađa dovoljna količina toplinske energije koja će podržavati kontinuirano gorenje. Toplina potrebna za isparavanje zapaljivih tekućina



i naposljetku njihovo zapaljenje, ovisi o vrsti i kemijskom sastavu zapaljive tekućine. U tablici 1. naveden je primjer temperature plamišta i samozapaljenja neke zapaljive tekućine.

Tab. 1. Primjer temperature plamišta i samozapaljenja neke zapaljive tekućine [1]

| TVARI   | PLAMIŠTE (°C) | SAMOZAPALJENJE (°C) |
|---------|---------------|---------------------|
| Metanol | 8             | 455                 |
| Etanol  | 12            | 425                 |
| Aceton  | -20           | 538                 |
| Benzin  | -30           | 500-600             |

### 2.3. Oblici gorenja zapaljivih tekućina

Kao što je ranije navedeno, gorenje je kemijski proces oksidacije gdje se goriva tvar velikom brzinom spaja sa oksidansom, najčešće kisikom iz zraka. Gorenje para zapaljivih tekućina manifestira se u obliku plamena praćenog dimom, a time dolazi do isijavanja topline te konvekcije topline putem dima. Ovisno o brzini odvijanja takve kemijske reakcije dolazi do pojave burne oksidacije odnosno gorenja. Ukoliko je brzina kemijskog razlaganja tvari veća od 340 m/s pri kojoj se oslobađaju plinovi pod tlakovima i do preko sto bara, tada je riječ o eksploziji. Eksplozija je naglo povećanje volumena oslobođenih plinova što znači naglo povećanje tlaka u okolini, praćeno snažnim zvukom i mehaničkim oštećenjima na zahvaćenom prostoru. Eksplozijsko gorenje zapaljivih tekućina spada u skupinu kemijskih eksplozija jer je riječ o kemijskoj promjeni strukture tvari pri kojoj dolazi do pojave udarnog zračnog vala, nekad vatrene kugle te požara kao sekundarne posljedice eksplozije. Eksplozija para zapaljivih tekućina, npr. benzina moguća je ukoliko dođe do razlijevanja tekućine i stvaranja povoljne koncentracije para u smjesi sa zrakom, što kod benzina iznosi od 1.6-6 % vol. Ukoliko takva smjesa dođe u doticaj sa izvorom paljenja dovoljne energije trenutno dolazi do zapaljenja odnosno eksplozije uz uvjet da je takva smjesa unutar ograničenog prostora (zatvoreni ili poluzatvoreni prostor) ili se nalazi u vidu oblaka zapaljivih para.

### 3. VRSTE I ZNAČAJKE SREDSTAVA ZA GAŠENJE POŽARA RAZREDA „B“

Princip gašenja svakog požara temelji se na uklanjanju najmanje jednog uvjeta gorenja:

- **uklanjanje gorive tvari** (npr. prekid dotoka goriva iz cjevovoda)
- **ohlađivanje gorive tvari** ispod temperature paljenja (voda/pjena)
- **ugušivanje** – oduzimanje kisika gorivoj tvari ili odvajanje tekuće/krute od parne faze (pjena, CO<sub>2</sub>, vodena para)
- **inhibiranje** - prekid odvijanja kemijskih lančanih reakcija (suhi prah).

Gotovo svako sredstvo za gašenje ima više učinaka a nekima je svojstven jedan glavni učinak čime je određena njegova primjena. Za gašenje požara razreda „B“ teoretski mogu se koristiti voda, pjena, suhi prah, inertni plinovi poput ugljičnog dioksida i dušika, vodena para i priručna sredstva poput pijeska. U praksi se ipak pokazalo kako su za veće požare razreda „B“ najefikasnija sredstva za gašenje zračna pjena i suhi prah, dok ostala sredstva gotovo da nemaju učinka, posebno ako se radi o požaru na otvorenom prostoru.

#### 3.1. Suhi prah

Požari razreda „B“ razvijaju se u obliku plamena, a plamen je po definiciji usijani gorući plin. Za gašenje zapaljivih plinova glavno sredstvo je suhi prah koji prvenstveno djeluje antikatalitički ili inhibirajuće, što znači da sprječava nesmetano odvijanje kemijskih lančanih reakcija u plamenu. Prah za gašenje je po svom sastavu masa fino samljevenih kemijski inertnih i za zdravlje neškodljivih anorganskih soli sa dodatkom aditiva koji se izbacuje iz aparata za gašenje, stabilnih sustava ili sustava za gašenje na kamionima uz pomoć potisnog plina, najčešće dušika. [3]

Osnovni zahtjevi u vezi kvalitete praha:

- dobra tečljivost
- stabilnost prilikom dužeg stajanja (ne smije doći do zgrudnjavanja mase),
- otpornost na vlagu te

- vodootpornost.

Veličina čestica praha određena je u rasponu od  $\phi$  0,010 do 0,075 mm. Što su čestice manje površina je veća pa je time i efekt gašenja bolji, međutim premalim promjerom čestica dolazi do problema dometa mlaza uslijed premale mase te do mogućnosti aglomeracije u kompaktnu masu. Sudeći po navedenom dalo bi se zaključiti da se za požare razreda „B“ kao glavno sredstvo gašenja treba koristiti suhi prah. To ipak nije sasvim točno, a razlog tome je što kod požara zapaljivih tekućina dolazi do zagrijavanja same tekućine, često iznad temperature samozapaljenja, a suhi prah nema dobro svojstvo ohlađivanja. Zbog toga suhi prah može privremeno ugaziti plamen iznad površine zapaljive tekućine, ali čim zagrijane pare iznova uspostave kontakt sa kisikom iz zraka dolazi do ponovnog paljenja smjese. Stoga možemo reći da je suhi prah najučinkovitiji pri gašenju požara razreda „C“, a potom i za početne požare razreda „B“. Može se koristiti i za veće požare različenih zapaljivih tekućina ali pritom ga koristeći u kombinaciji sa kompatibilnom zračnom pjenom. [3]

Na slici 2. prikazano je gašenje požara suhim prahom.



Sl. 2. Gašenje požara suhim prahom [4]

### 3.2. Pjena

Kao najbolje rješenje i glavno sredstvo za gašenje požara razreda „B“ pokazala se primjena zračne pjene. To je agregat vode, pjenila i zraka u točno određenim omjerima. Pjenilo je koncentrirana otopina sintetskog ili prirodnog porijekla sa određenim dodacima. Svrha pjenila je dobivanje

mjhurića pjene. Mjhuriće pjene čini opna od emulzije vode i pjenila unutar koje se nalazi zrak. Iz tog razloga zračna pjena je uvijek lakša od bilo koje zapaljive tekućine što omogućava zadržavanje sloja pjene na njenoj površini. Pjenilo se dozira prema uputi proizvođača, najčešće u omjeru od 1-6% vol. pomoću raznih vatrogasnih armatura i uređaja: međumješalica, pumpe pjenila, proporcionatora i sl. Zrak potreban za dobivanje pjene dobiva se na samoj mlaznici, osim kod „CAFS“-a (sustav za gašenje komprimiranom pjenom). Takav sustav uz pumpu vode i pjenila ima ugrađen i kompresor zraka koji ubacuje zrak pod visokim tlakom u mješavinu vode i pjenila pri čemu momentalno nastaje komprimirana pjena. Postoji i takozvana kemijska pjena a razlikuje se od zračne po tome što se za dobivanje mjhurića pjene umjesto zraka koristi ugljični dioksid. Zbog jednostavnosti primjene i razvoja pjenila najčešće se koristi zračna pjena dok se kemijsku pjenu još može susresti u aparatima za početno gašenje požara. U tom slučaju ugljični dioksid služi kao pogonski plin za izbacivanje sadržaja izvan aparata pri čemu dolazi do miješanja sa emulzijom (voda + pjenilo) i stvaranja kemijske pjene. [3]

Način gašenja pjenom ima djelomice ugušujući a djelom ohlađujući učinak i ne može se sa sigurnošću tvrditi da je jedan glavni a drugi sporedni. Ovisno o tvari koja gori ovisi i koji će učinak biti glavni a koji sporedni. Rashladni način očituje se u više faza. U početku se pjena na povišenoj temperaturi raspada i vodene kapljice padaju kroz slojeve goriva i isparavaju. Na taj način nastaju mjhuri pare koji struje u vis i smanjuju temperaturu. Potom nastaje vodena para koja potiskuje zrak iznad tekućine i odvaja plinsku fazu od tekuće. To odvajanje plinske faze zapravo je najvažnije uz rashladno djelovanje i ima svojstvo sprečavanja nastanka zapaljive smjese.

Ovisno o odnosu volumena pjene na volumen otopine, koji se naziva faktor ekspanzije „E“, razlikujemo 4 vrste pjene:

- **neinspirirane pjene** (E=0-4)
- **teške pjene** (E=5-20)
- **srednje pjene** (E=20-200)
- **lake pjene** E=200-1500)

gdje je  $E = V_{\text{pjene}} / V_{\text{otopine}}$

Pjene ekspanzije ispod 5 nazivaju se **neinspirirane pjene**, a dobivaju se uporabom običnih mlaznica za vodu čime ne dolazi do dodatnog umješavanja zraka kao kod mlaznice za tešku pjenu. Možemo

reći da je to mješavina vode i pjenila, uz malu količinu zraka koja se primješa prolaskom mlaza kroz zrak. Njihov značaj očituje se pri gašenju požara razreda „A“ (požari zapaljivih krutina) koristeći ih kao prodornu vodu. Za to se koriste obična sintetska pjenila čime se smanjuje površinska napetost vode te se postiže bolja prodornost u dublje slojeve materijala, npr. drva, sijena, papira, pamuka. Teška, srednja i laka pjena dobiva se upotrebom različitih vrsta mlaznica odnosno za laku pjenu upotrebom pjenogeneratora. (slika 3., 4. i 5.) Za velike požare razreda „B“ u praksi se koristi isključivo teška pjena.



Sl. 3. Mlaznica za tešku pjenu [5]



Sl. 4. Mlaznica za srednje tešku pjenu [6]



Sl. 5. Generator lake pjene [7]

### 3.2.1. Pjene koje stvaraju vodeni film

Samo određene vrste pjena odnosno pjenila stvaraju vodeni film i to samo na nepolarnim tekućinama<sup>1</sup> kao što su npr. ugljikovodici (benzin ,dizel..). Takva pjenila sastoje se od proteina s površinski aktivnim, fluoriranim supstancama koje stvaraju vodeni film. To je tanki sloj iznad površine zapaljive tekućine koji onemogućuje daljnje isparavanje te istovremeno štiti od prodora kisika do zapaljivih para. Rezultat toga je mehaničkim putem znatno povećanje temperature plamišta zapaljive tekućine čime se postiže dobar rezultat glede mogućnosti naknadnog razbuktavanja požara. Pjenila pogodna za dobivanje takve pjene posebno se označavaju; ako su sintetske baze nazivaju se fluorosintetska uz oznaku AFFF (eng. aqueous film formingfoam). Ukoliko su prirodne baze, nazivaju se fluoroproteinska s mogućnošću stvaranja vodenog filma a označavaju se sa FFFP (eng. Filmformingfluoroprotein). [1]

### 3.2.2. Pjene za gašenje polarnih tekućina

Praksa je pokazala kako gašenje polarnih tekućina pomoću „običnih“ pjenila (AFFF, FFFP ili FP) nema učinka. Već pri prvom kontaktu takvih pjena sa polarnom zapaljivom tekućinom dolazi do

---

<sup>1</sup> Polarnost tekućina označava neravnomjernu raspodjelu električnog naboja u molekuli ili kemijskoj vezi. Posljedica polarnosti određene tekućine je afinitet prema stvaranju stabilne kemijske veze sa drugom polarnom tekućinom (dolazi do miješanja dviju tekućina, npr. vode i alkohola). U vatrogasnom smislu nepolarne zapaljive tekućine su one koje se ne miješaju sa vodom a polarne zapaljive tekućine su one koje se potpuno ili djelomično miješaju sa vodom.

njenog raspada. Iz tog razloga dugo se tražilo rješenje kako gasiti požare polarnih tekućina. To se postiglo dodatkom određenih polimera u koncentrate pjenila. Tako dobivena pjena također se počinje raspadati u dodiru sa polarnom tekućinom no istovremeno se na njenoj površini počinje stvarati tanak sloj polimera koji sprječava daljnji kontakt pjene s tekućinom a time i daljnji raspad. Takva su pjenila pogodna za gašenje i polarnih i nepolarnih tekućina a nazivaju se „alkoholno otpornim pjenilima“ ili skraćeno „alkoholna pjenila“. Uz oznaku AFFF ili FFFP dodaje se i prefiks AR („AlcoholResistant“) što označava da je riječ o alkoholnom pjenilu. [8]

### 3.2.3. Kriteriji koji određuju kvalitetu teške pjene

#### **Temeljni kriteriji koji određuju kvalitetu teške pjene su:**

- **brzina gašenja** - vrijeme potrebno da se pjena rasprostire po površini zapaljive tekućine i pogasi vatru. Testiranje se vrši prema standardiziranim postupcima i pomoću standardizirane opreme
- **otpornost na toplinu** - stabilnost pjene na djelovanje topline. Proteinske pjene imaju puno veću otpornost na toplinu od sintetskih pjena
- **otpornost na povratno paljenje** - prilikom gašenja pjena dolazi u kontakt sa zapaljivom tekućinom koju se gasi. Pritom dolazi do miješanja određene količine pjene i goriva. Ukoliko se u prevelikoj koncentraciji pomiješa gorivo sa pjenom, vrlo lako dolazi do ponovnog zapaljenja pjene i razaranja iste što dovodi do ponovnog razbuktavanja požara
- **čvrstoća pjene** - što je pjena čvršća teže će prodirati zapaljive pare kroz nju, što znači da će prije prekinuti gorenje. Proteinske pjene imaju veću čvrstoću od sintetskih. Valja napomenuti kako pjena ne smije biti ni previše čvrsta jer se pritom gubi sposobnost tečenja po površini zapaljive tekućine što smanjuje brzinu gašenja
- **sposobnost gašenja polarnih tekućina** - sposobnost da ne dolazi do miješanja pjene sa polarnom zapaljivom tekućinom, npr. alkoholima. Ispitivanje se provodi etanolom ili acetonom. Alkoholno otporne pjene (AR) moraju se koristiti pri gašenju polarnih tekućina jer se klasične pjene momentalno raspadaju u takvim slučajevima.

#### 4. VATROGASNA TEHNIKA NAMIJENJENA ZA GAŠENJE POŽARA RAZREDA „B“

U ovom tekstu pod pojmom vatrogasna tehnika podrazumijevaju se svi oni sustavi, uređaji i oprema koja služi za gašenje požara razreda „B“. Tu spadaju prvenstveno sustavi za gašenje zračnom pjenom a potom i sustavi za gašenje prahom, ugljičnim dioksidom te vodenom parom. Sustave za gašenje požara razreda „B“ možemo podijeliti na stabilne, polustabilne i mobilne.

##### 4.1. Stabilni sustavi za gašenje požara razreda „B“

Stabilni sustavi za gašenje požara predstavljaju skup međusobno funkcionalno povezanih elemenata koji su trajno postavljeni na štíćenom prostoru u svrhu gašenja požara. Kod stabilnih sustava svojstveno je da posjeduju sve elemente potrebne za aktivaciju i gašenje požara, od izvora sredstva za gašenje, sustava cjevovoda do mlaznica koje pokrivaju štíćeni prostor.

Stabilni sustavi za gašenje požara razreda „B“ su: [8]

- hidrantska mreža sa bacačima pjene
- stabilni sustavi za gašenje požara zračnom pjenom
- stabilni sustavi za gašenje požara pomoću ugljičnog dioksida
- stabilni sustavi za gašenje požara vodenom parom te
- stabilni sustavi za gašenje prahom.

Svaki od navedenih sustava ugrađen je na pojedinim lokacijama u rafineriji nafte Rijeka osim stabilnog sustava za gašenje prahom.



#### 4.1.1. Hidrantska mreža sa fiksnim bacačima pjene

Hidrantska mreža za gašenje požara je skup cjevovoda, uređaja i opreme kojima se voda od sigurnog izvora dovodi do štice prostora i građevina („Pravilnik o hidrantskoj mreži za gašenje požara“ N.N.8/06). Dijeli se na vanjsku i unutarnju. [3]

**Vanjska hidrantska mreža** gradi se izvan štice prostora, najčešće u obliku prstena, kako bi se osigurala dobava vode iz više smjerova. Time se u slučaju puknuća cijevi ili hidranta omogućuje popravak opreme na način da se izolira samo dio cjevovoda na kojem se vrše radovi, dok ostatak hidrantske mreže ostaje u funkciji. Vanjska hidrantska mreža završava nadzemnim ili podzemnim hidrantom a u industriji često i fiksnim bacačima voda/pjena. Na hidrantsku mrežu u industriji, npr. rafinerijama, direktno se priključuju instalacije za hlađenje nadzemnih spremnika goriva, hlađenje procesne opreme, odvajanje postrojenja vodenom zavjesom i sl.

**Unutarnja hidrantska mreža** je namijenjena intervenciji gašenja požara u unutrašnjosti objekta, a izvodi se na način da se na cjevovod postavljaju hidranti smješteni u hidrantske ormariće (ventil, vatrogasna cijev i mlaznica). Hidranti se postavljaju na takav način da se ostvari potpuno prekrivanje prostora koji se štiti najmanje s jednim mlazom vode. Doseg pojedinog hidranta je 20 m (15 m vatrogasne cijevi i 5 m mlaza). Hidranti i hidrantski ormarići moraju biti izvedeni tako da omogućue sigurno i efikasno rukovanje i uporabu.

Hidrantska mreža u rafineriji nafte Rijeka (u daljnjem tekstu RNR) - izvedena je sukladno „Procjeni ugroženosti od požara i eksplozija“ za spomenutu lokaciju. Hidrantska mreža u RNR napravljena je kao vanjska i kao unutarnja, budući da se radi o građevinama različitih namjena: postrojenja, spremnici, kontrolne sale, paviljoni i dr. Izvor vode za hidrantsku mrežu čine dva gravitacijska spremnika veličine 20 000 i 10 000 m<sup>3</sup> koji se dopunjavaju vodom putem cjevovoda iz udaljenog akumulacijskog jezera Tribalj. Navedeni spremnici se nalaze na 168 odnosno 142 metra nadmorske visine. Hidrantska mreža na prostoru postrojenja je prstenastog oblika koji s obzirom na zonu opskrbe vodom i na geodetsku visinu pripada u 1. i 2. zonu opskrbe vodom, visine od 0-40 m n/m za prvu i 40-100 m n/v za drugu zonu opskrbe. Tlak se u 2. zoni osigurava preko vatrogasne pumpaonice sa 3 dizel motorne pumpe te rezervnom prijevoznom dzel pumpom. Udaljenost između nadzemnih

hidranata na postrojenjima je maksimalno 40 m. Tip hidranata je „Silvani“ promjera 100 mm s jednim „A“ i dva „B“ „storz“<sup>2</sup> priključka. Pojedini hidranti imaju na sebi ugrađen i fiksni bacač vode tako da po potrebi može služiti i za hlađenje odnosno gašenje požara (tzv. hidrant-bacač). (slika 6.)



Sl. 6. Hidrant - bacač

Na hidrantskoj mreži je posebno izveden i visokotlačni vod na koji su spojeni bacači vode/pjene koji su taktički postavljeni tako da štite kritične pozicije na postrojenjima. Visokotlačni vod je spojen na vatrogasnu pumpaonicu te se u slučaju potrebe aktiviraju pumpe koje osiguravaju povećanje tlaka i protoka. Visokotlačni vod je zaseban skup cjevovoda koji je odvojen pregradnim ventilima od ostatka hidrantske mreže kako u slučaju aktiviranja pumpi ne bi došlo do previsokog tlaka i oštećenja opreme na određenim lokacijama. [9]

Fiksni bacači voda/pjena pozicionirani su na povišenim mjestima iznad samih postrojenja. (slika 7.) Na bacačima se voda dobiva iz hidrantske mreže ručnim otvaranjem ventila koji su ugrađeni uz sami bacač. Pjenilo se dobavlja iz spremnika pjenila u neposrednoj blizini svakog bacača, ručnim otvaranjem ventila. Prolaskom vode kroz bacač, dolazi do stvaranja potlaka u usisnoj cijevi pjenila, a

---

<sup>2</sup>Storz spojke su cijevne spojnice koje služe za međusobno povezivanje vatrogasnih cijevi i armatura a izrađene su na principu utora i kukica koje ulaze jedna u drugu

time i do miješanja vode i pjenila. Doziranje pjenila je mehanički regulirano a potrošnja ovisi o protoku vode na bacaču.



Sl. 7. Bacač voda/pjena sa pripadajućim spremnikom pjenila

#### 4.1.2. Stabilni sustavi za gašenje zračnom pjenom

Stabilni sustavi za gašenje zračnom pjenom dijele se na stabilne i polu stabilne. [3]

**Polustabilni sustav** sastoji se od stabilnog i mobilnog dijela. Stabilni dio čini cjevovod sa priključkom za vatrogasno vozilo koji završava mlaznicama ili komorama za pjenu<sup>3</sup>. Mobilni dio čini vatrogasno vozilo opremljeno sustavom i opremom za dobivanje pjene potrebnog kapaciteta za gašenje šticeog prostora/objekta. Tipičan primjer polustabilnog sustava za gašenje zračnom pjenom je sustav za gašenje spremnika goriva kao i sustav za gašenje tankvana spremnika.

**Stabilni sustavi** za gašenje zračnom pjenom ugrađuju se u nekoliko različitih varijanti ali su svima zajednički osnovni dijelovi sustava:

---

<sup>3</sup>Zračna komora ZK služi za stvaranje zračne pjene iz mješavine voda-pjenilo. Protokom mješavine voda-pjenilo kroz sapnicu komore dolazi do usisavanja zraka i stvaranja zračne pjene. Zračne komore se ugrađuju pri vrhu plašta vertikalnih cilindričnih spremnika s fiksnim i plivajućim krovom.

- izvor vode i sustav za opskrbu vodom
- spremnici određene količine adekvatnog pjenila
- sustav cjevovoda sa razdjelnim ventilima te
- mlaznice/komore za zračnu pjenu ili pjenogeneratori.



Sl. 8. Spremnik s plutajućim krovom [9]



Sl. 9. Zračna komora za tešku pjenu [9]

Radi jednostavnijeg prikaza, u ovom su tekstu stabilni odnosno polustabilni sustavi za gašenje zračnom pjenom podijeljeni kako slijedi: [9]

- a) Prema ekspanziji zračne pjene
- b) Prema načinu dobivanja emulzije
- c) Prema načinu aktiviranja sustava.

**a) Stabilni sustavi za gašenje zračnom pjenom prema ekspanziji zračne pjene dijele se na:**

- sustavi za gašenje požara **teškom pjenom** (npr. spremnici, punilišta i dijelovi postrojenja)
- sustavi za gašenje požara **srednje teškom pjenom** (npr. tankvane spremnika, dekantatori)
- sustavi za gašenje požara **lakom pjenom** (npr. skladišta kemikalija-zatvoreni prostori)-

**b) Stabilni sustavi za gašenje zračnom pjenom s obzirom na način dobivanja emulzije dijele se na: nadtlačni i podtlačni.**

Za nadtlačni sustav miješanja koriste se pumpe za pjenilo koje pod određenim tlakom, koji uvijek mora biti 2-4 bar-a viši od tlaka vode, umiješavaju pjenilo u tok vode. Doziranje pjenila se vrši pomoću dozatora pjenila, u koncentraciji koja je određena vrstom samog pjenila. Postoji i posebna vrsta nadtlačnog sustava koji ne koristi pumpu pjenila za stvaranje nadtlaka već vodu iz hidrantske mreže. Takav sustav se naziva „Tlačni dozator pjenila“ ili skraćeno TDP. Tlačni dozator pjenila služi kao spremnik pjenila i ujedno kao dozator za kojeg nije potrebna posebna pumpa za pjenilo. Količina pjenila izračunava se prema požarnom opterećenju štice objekta/prostora. U unutrašnjosti spremnika nalazi se mjehur u kojem se nalazi pjenilo. Kroz mjehur prolazi usponska cijev na kojoj se nalaze otvori. Usponska cijev je na gornjem dijelu spremnika povezana sa cjevovodom koji je spojen na mješač. Prilikom aktiviranja, voda ulazi u mješač i istovremeno ulazi u spremnik te popunjava prostor između stjenke spremnika i mjehura. Tlak vode vrši pritisak na mjehur i pogoni pjenu koja putem cjevovoda ulazi u mješač. Radni tlak je 12 bara, a prema američkim standardima 12,7 bara. Iz mješača izlazi pjena u određenoj koncentraciji i putem cjevovoda distribuira se na mlaznice. Spremnik je ujedno i dozator. Aktivacija je ručna, poluautomatska ili automatska.

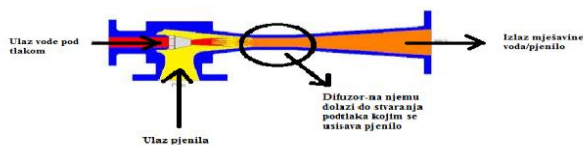
Svi stabilni sustavi za gašenje zračnom pjenom u RNR, izuzev bacača pjene spojene direktno na hidrantsku mrežu, izvedeni su u obliku TDP-ova. (slika 10.) Razlog leži u jednostavnijoj konstrukciji,

lakšem održavanju i manjoj mogućnosti zakazivanja u odnosu na sustav sa pumpom pjenila, što rezultira smanjenjem troškova za tvrtku i boljom pouzdanošću sustava.



Sl. 10. Tlačni dozator pjenila (TDP) [10]

Kod podtlačnog sustava koriste se mehanički mješači koji funkcioniraju na principu ejektora, gdje prolaskom vode kroz mješač dolazi do stvaranja podtlaka u cijevi kroz koju se dovodi pjenilo iz spremnika. (slika 11. i 12.)



Sl. 11. Princip rada ejektora [10]



Sl. 12. Ejektor [11]

- c) Stabilni sustavi za gašenje zračnom pjenom s obzirom na način aktiviranja dijele se na: **automatski, poluautomatski, ručni.**

**Automatska aktivacija sustava.** Automatsku aktivaciju stabilnog sustava za gašenje zračnom pjenom moguće je provesti mehaničkim, hidrauličnim, pneumatskim, električnim aktiviranjem ili

kombinacijom navedenih načina. Kao primjer navest ćemo *pneumatsku aktivaciju* tzv. „sprej sustava“ (sustav raspršene vode/pjene) na postrojenju „Hydrocrackingunit“ ili skraćeno „HCU“ u rafineriji nafte Rijeka. Oprema koja se štiti od požara automatskom aktivacijom sustava za gašenje zračnom pjenu su pumpe za pretakanje goriva, posude sa zapaljivim tekućinama koje su na ili blizu temperature samozapaljenja te posuda sa uljem za podmazivanje kompresora za vodik. Sprej sustav se automatski aktivira na način da kod povišene temperature dolazi do topljenja ampula na krajevima cjevovoda koji su pod tlakom i ispunjeni zrakom. Jedan kraj tog cjevovoda gdje su topive ampule se nalazi u polju, blizu opreme koja se štiti, a drugi kraj se nalazi u deluge stanici. U tom slučaju dolazi do pada tlaka u tom cjevovodu te dolazi do aktivacije deluge ventila<sup>4</sup> koji propušta pjenu prema sprej sustavima. Pjena se dobiva u deluge stanici preko tlačnog dozatora pjenila. Svaki sprej sustav ima mogućnost ručnog aktiviranja u deluge stanici. Deluge ventili se postavljaju na razvodu, unutar deluge stanice pa su na taj način zaštićeni od smrzavanja. Neovisno o kojem se načinu aktivacije sustava radi, svrha je otvaranje deluge ventila i propuštanje vode/pjene prema štićenom prostoru.

***Poluautomatska aktivacija sustava.*** (slika 13.) Ovakav način podrazumijeva daljinsko aktiviranje sustava pomoću elektronske opreme (tipkala, računala i sl.). Primjer je aktivacija stabilnog sustava za gašenje pjenu na autopunilištu goriva u RNR.



Sl. 13. Poluautomatska aktivacija drencher sustava

<sup>4</sup>Princip rada deluge ventila temelji se na narušavanju ravnoteže tlakova iznad i ispod ventila. Ventil se sastoji od dva međusobno povezana diska u kućištu ventila. Između ta dva diska je prazan međuprostor na koji je spojen cjevovod prema mlaznicama. Ispod donjeg diska nalazi se voda pod tlakom iz hidrantske mreže a iznad gornjeg diska se nalazi voda ili zrak pod tlakom jednakim onom ispod donjeg diska.

**Ručna aktivacija sustava.** Ručna aktivacija vrši se direktnim otvaranjem deluge ventila u ventilskoj stanici ili ručnim otvaranjem drugih vrsta ventila (mehanički ili elektromagnetski). Svaki automatski i poluautomatski sustav mora imati opciju ručnog aktiviranja sustava, u slučaju da automatika zakaže. Primjer ručne aktivacije sustava za gašenje pjenom u RNR je gašenje spremnika sirove nafte pomoću tlačnih dozatora pjenila. (slika 14.) Svi ventili u sustavu su mehanički i otvaraju se isključivo ručno.



Sl. 14. Ručna aktivacija TDP-a

#### 4.1.3. Stabilni sustav za gašenje požara ugljičnim dioksidom (CO<sub>2</sub>)

Ugljični dioksid je inertan plin koji ne gori i ne podržava gorenje, u manjim količinama nije štetan po ljudsko zdravlje te je zbog toga pogodan kao sredstvo za gašenje. Učinak gašenja pomoću CO<sub>2</sub> je ugušujući. Prilikom ispuštanja CO<sub>2</sub> u prostor dolazi do razrjeđivanja zraka i smanjenja koncentracije kisika. Padom koncentracije kisika ispod 15-16 % vol.u prostoru većina tvari prestaje gorjeti (osim onih koje u svom sastavu imaju kisik). Ugljični dioksid u stabilnim sustavima za gašenje koristi se za požare razreda „B“ i „C“ u zatvorenim prostorima. Gašenje se može provoditi potpunom ili djelomičnom zaštitom.

Potpuna zaštita označava ispuštanje CO<sub>2</sub> u cjelokupan prostor koji se štiti, u koncentracijama potrebnim za gašenje (35-75%vol.). Zasićivanje prostora mora se izvršiti u roku 2 minute, a sve osobe moraju prethodno napustiti prostor, što se očituje javljanjem zvučne i vizualne signalizacije.

Djelomična zaštita koristi se u proizvodnim procesima gdje nije moguće izvršiti potpunu zaštitu ili nema potrebe za njom. Tada se štiti samo pojedina procesna oprema koja je rizična u vezi nastanka



požara. Vrijeme istjecanja CO<sub>2</sub> je maksimalno 30 sekundi s tim da sve osobe moraju prethodno napustiti prostor (sirene i bljeskalice).

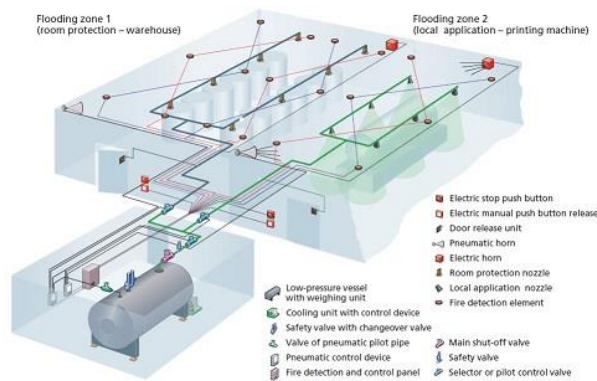
Prema načinu uskladištenja, stabilni sustav sa CO<sub>2</sub> može biti niskotlačni (CO<sub>2</sub> u pothlađenim spremnicima pod tlakom od 15-25 bara i temperaturi od -30 do -10<sup>0</sup> C) i visokotlačni (CO<sub>2</sub> uskladišten u čeličnim bocama pod tlakom od 50-60 bara pri temperaturi okoline). [8]

Osnovni dijelovi stabilnog sustava CO<sub>2</sub>:

- stanica za smještaj CO<sub>2</sub>
- sustav cjevovoda
- razdjelni ventili
- mlaznice za CO<sub>2</sub>
- sustav za aktiviranje i upravljanje stabilnim sustavom
- sustav za alarmiranje.

**Visokotlačni CO<sub>2</sub> sustav** se sastoji od cjevovoda sa mlaznicom, spremnikom sa pripadajućim ventilom i upravljačkog elektronskog dijela sustava. Plin CO<sub>2</sub> je pohranjen u tekućem stanju u spremnicima pod tlakom 50 bara. Kod pojave požara vatrodajavni dio sustava signalizira požar i aktivira elektromagnetski aktivator pilot spremnika koji otvara ventil na spremniku. Preostali spremnici potrebni za gašenje šticeenog prostora aktiviraju se preko pneumatskog aktiviranja.

**Niskotlačni CO<sub>2</sub> sustav** se sastoji od cjevovoda sa mlaznicom, spremnika, uređaja za hlađenja i upravljačkog elektronskog dijela sustava. Plin CO<sub>2</sub> je pohranjen u tekućem stanju u spremniku koji se hlađenjem održava na tlaku 21 bar i temperaturi od -18° C. Kod pojave požara vatrodajavni dio sustava signalizira požar i aktivira elektromagnetski aktivator razdjelnog ventila koji propušta CO<sub>2</sub> u šticeeni prostor. Tijekom gašenja u šticeenom prostoru se pojavljuje nadtlak. Da bi se osigurao integritet šticeenog prostora nužno je osigurati kompenzaciju tlakova odnosno šticeeni prostor zaštititi od oštećenja koja bi mogla nastati tijekom gašenja. Na slici 15. prikazan je princip rada stabilnog sustava za gašenje požara pomoću CO<sub>2</sub>.



Sl. 15. Princip gašenja pomoću stabilnog sustava CO2 [12]

#### 4.1.4. Stabilni sustav za gašenje požara vodenom parom

Kod ovakvih sustava za gašenje požara učinak gašenja se bazira na ugušujućem djelovanju. Aplikacijom vodene pare u zatvoreni prostor smanjuje se koncentracija kisika a time se postiže efekt gašenja. Sustavi za gašenje požara vodenom parom upotrebljavaju se isključivo na mjestima gdje je vodena para nusprodukt proizvodnih procesa ili se upotrebljava u određenim procesima te je kao takve neprestano ima u velikim količinama. U RNR vodena para se koristi za pogon turbine generatora električne struje, u tehnološkim procesima i sl. pa je njena primjena za gašenje požara vrlo korisna unutar procesnih peći gdje temperature premašuju 107° C. Takva para je pregrijana što znači da prilikom djelovanja topline iz požara neće doći do daljnjeg isparavanja i povećanja volumena kao što to biva prilikom gašenja vrelih materijala vodom. Time je izbjegnuto štetno djelovanje na procesnu peć kao i sigurnost vatrogasaca. Glavni dijelovi sustava:

- izvor vodene pare; parni kotlovi na energani
- cjevovod za dopremu pare
- ventili za puštanje pare prema šticeu prostoru
- sustav za alarmiranje.

## 4.2. Vatrogasna vozila namijenjena gašenju požara razreda „B“

Tipizacija vozila u vatrogastvu izrađena je temeljem hrvatske norme HRN EN 1846-1:2001. U toj normi navedena je podjela vatrogasnih vozila s obzirom na njihovu primjenu, s obzirom na njihovu ukupnu masu te obzirom na njihovu mogućnost prometovanja. Vatrogasna vozila koja se koriste u kemijskim industrijama za gašenje požara razreda „B“ s obzirom na primjenu svrstavaju se u skupinu „**Posebna vatrogasna vozila za gašenje požara** (vatrogasno vozilo s posebnom opremom za borbu protiv požara, sa ili bez specijalnih sredstava za gašenje požara)“.

„Posebna vatrogasna vozila za gašenje požara“ dalje se dijele na: [9]

- NVT - navalno vatrogasno vozilo za gašenje požara i tehničke intervencije
- GPP - vatrogasno vozilo za gašenje požara pjenom u kemijskim industrijama
- GPS - vatrogasno vozilo za gašenje požara prahom
- GPVPS - vatrogasno vozilo za gašenje požara vodom, pjenom i prahom
- GPS/CO<sub>2</sub> - vozilo za gašenje požara prahom i ugljikovim dioksidom
- GPV/P/S/CO<sub>2</sub> - vatrogasno vozilo za gašenje požara vodom, pjenom, prahom i CO<sub>2</sub>.

Obzirom na ukupnu masu, vatrogasna vozila se dijele na:

- **laka vatrogasna vozila (L), ukupna masa vozila 2-7,5 t**
- **srednje teška vatrogasna vozila (S), ukupna masa vozila 7,5-14 t**
- **teška vatrogasna vozila (T), ukupna masa vozila >14 t.**

Upravo razred požara određuje koje će se sredstvo za gašenje koristiti. Time i vatrogasna vozila namijenjena gašenju požara razreda „B“ moraju biti opremljena dovoljnim količinama adekvatnih sredstava za gašenje te opremom i brojem vatrogasaca. Jedan od bitnijih zahtjeva za vatrogasna vozila namijenjena gašenju požara zapaljivih tekućina je kapacitet ugrađene pumpe. Kapacitet centrifugalne vatrogasne pumpe određen je protokom i tlakom vode na izlazu iz pumpe. Iz činjenice da učinkovito gašenje požara zapaljivih tekućina ovisi o brzini nanošenja dovoljne količine pjene na opožarenu površinu, konstrukcija pumpi za posebna vatrogasna vozila je takva da one postižu velike protoke pri relativno visokim tlakovima. Upravo se po tome Posebna vatrogasna vozila razlikuju od vozila koje koriste Javne vatrogasne postrojbe, čiji su kapaciteti mnogo manji.

U tablici 2. naveden je popis vatrogasnih vozila u PVP RNR sa osnovnim karakteristikama, na slikama 16., 17. i 18. vatrogasna vozila br. 4., 6. i 7. Prema „Pravilniku o minimumu tehničke opreme i sredstava vatrogasnih postrojbi“ a koji je dio „Zakona o vatrogastvu“, za vatrogasnu postrojbu Ia kategorije ugroženosti od požara i eksplozija propisana su sljedeća vozila: [13]

- zapovjedno vozilo
- navalno vozilo
- 3 vozila za gašenje vodom i pjenom
- vozilo za gašenje prahom
- tehničko vozilo
- autocisterna.

Tab. 2. Popis vatrogasnih vozila u PVP RNR sa osnovnim karakteristikama [14]

| Vrsta vozila                               | Količina sredstva za gašenje<br>litra/kg |              |               | Kapacitet<br>pumpe l/s |             | Monitor l/min         | Marka<br>vozila i tip |
|--|--|--------------|---------------|------------------------|-------------|-----------------------|-----------------------|
|  | voda                                     | pjena        | prah          | NT                     | VT          |                       |                       |
| Za gašenje<br>požara pjena i<br>prah       | -  | 700 (mix)    | 600           | -                      | boce<br>„N“ | 500 l/min +<br>5 kg/s | Mercedes<br>Unimog    |
| Tehničko<br>vozilo, pjena,<br>CAFS         | 2.000                                    | 100 +<br>300 | -             | 28/10                  | 4/40        | -                     | Mercedes<br>ATEGO     |
| Autocisterna                               | -  | 8000         | -             | -                      | -           | 2.400                 | Iveco<br>STRALIS      |
| Navalno vozilo                             | 4.000                                    | 4.000        | 1.500         | 60/10                  | 3/40        | 5.000<br>20 kg/s      | Mercedes<br>ACTROS    |
| Za gašenje<br>požara voda,<br>pjena i prah | 1.000                                    | 2.500        | 1.000         | 48/8                   | 2,5/40      | 2.400<br>20 kg/s      | Mercedes<br>1427      |
| Za gašenje<br>požara vodom i<br>pjenom     | 3.000                                    | 7.000        | -             | 48/8                   | 2,5/40      | 4.000                 | Mercedes<br>2632      |
| Za gašenje<br>požara prahom                | -  | -            | 1500<br>+ 750 | -                      | -           | 25–40 kg/s            | Mercedes<br>ATEGO     |
| Hidraulička<br>teleskopska<br>platforma    | -  | -            | -             | -                      | -           | 3.800                 | Mercedes<br>ECONIC    |
| Zapovjedno vozilo                          | -  | -            | -             | -                      | -           | -                     | Nissan                |



Sl. 16. Vozilo br. 4



Sl. 17. vozilo br. 6



Sl. 18. Vozilo br. 7

## 5. VATROGASNA TAKTIKA UPORABE SREDSTAVA, UREĐAJA I OPREME ZA GAŠENJE POŽARA RAZREDA „B“

Pojam vatrogasna taktika označava oblike i načine djelovanja vatrogasne postrojbe pri obavljanju svojih zadaća. Kada govorimo o taktičkoj upotrebi sredstava, uređaja i opreme za gašenje požara, tada se fokus mora staviti na pravilan odabir te pravilnu primjenu istih.

### 5.1. Taktička upotreba sredstava za gašenje požara razreda „B“

Izbor sredstava za gašenje požara razreda „B“ temelji se na učinku gašenja kojeg određeno sredstvo posjeduje a ono ovisi o: vrsti gorive tvari, o stanju zatečenom na požarištu, o brojnosti interventnog osoblja, o mogućnostima prilaza požaru, o specifičnosti mjesta korištenja sredstva za gašenje, o atmosferskim prilikama i o drugim bitnim čimbenicima.

Kao što je prethodno navedeno, najučinkovitija sredstva za gašenje požara razreda „B“ su zračna pjena i suhi prah, a u nekim slučajevima i ugljični dioksid, voda i vodena para.

#### 5.1.1. Taktička upotreba zračnih pjena za gašenje požara razreda „B“

Zlatno pravilo pri korištenju zračne pjene za gašenje požara kojeg se uvijek treba držati je proračun pjene, odnosno pjenila - bez dovoljne količine pjenila nema smisla otpočinjati gašenje požara zapaljivih tekućina jer će vatra „progutati“ bačenu pjenu a potom nastaviti gorjeti. Pored količine pjenila isto tako je bitna brzina nanošenja pjene na opožarenu površinu - **gustoća nanosa pjene** ( $L/min/m^2$ ). Da bi se postigla zadovoljavajuća brzina nanošenja pjene od ključne važnosti je posjedovati minimum opreme i ljudstva za posluživanje te iste opreme. Praksa nalaže da se potrebni sloj pjene mora dobiti najdulje za 15 min. Zračna pjena je osjetljiva na razaranje vodom, pa je stoga prilikom gašenja važno paziti da se mlazovi pjene i vode ne miješaju. Primjer je gašenje i istovremeno

hlađenje spremnika zapaljive tekućine. Zračna pjena se može i preporuča koristiti u kombinaciji sa kompatibilnim suhim prahom.

**Taktička upotreba zračne pjene s obzirom na ekspanziju.** Zračna pjena dijeli se prema stupnju ekspanzije na tešku, srednje tešku i laku pjenu. Prema tome možemo i njenu taktičku primjenu sagledati prema istom kriteriju. Pored toga, upotreba pjene ovisi i o vrsti pjenila. Za nepolarne tekućine (npr. dizel) može se koristiti pjenilo tipa FFFP dok je za polarne tekućine (npr. etanol) potrebno koristiti AR-FFFP, o čemu detaljnije stoji u poglavlju 4. Taktička primjena zračne pjene različite ekspanzije ovisi o vrsti incidenta, veličini požara te o specifičnostima mjesta nastanka požara. Izlijevanje zapaljive tekućine ili tekuće faze zapaljivog plina, bez nastanka požara, primjerice u naftnim postrojenjima, može zahtijevati nabacivanje zračne pjene kao preventivnu mjeru zaštite od požara i eksplozija. Pritom se srednja pjena pokazala kao najbolji izbor iz nekoliko razloga: stvara se veći sloj pjene koji štiti od prodora zapaljivih para, duže se zadržava iznad površine zapaljive tekućine te je smanjen utrošak vode i pjenila u odnosu na tešku pjenu. Kada je riječ o požaru zapaljivih tekućina, najčešća je primjena **teške pjene** za gašenje. Razlog tome je veće rashladno djelovanje (zbog većeg udjela vode), veća sposobnost klizanja po površini zapaljive tekućine te veća specifična težina od srednje i lake pjene što omogućuje veći domet mlaza (do 50m). Naročito je pogodna za gašenje požara zapaljivih tekućina u otvorenim posudama i za požare lokvi razlivenih tekućina.

**Metode nabacivanja teške pjene.** Prilikom gašenja teškom pjenom potrebno je znati pravilno je nabacivati na površinu zapaljive tekućine, kako ne bi došlo do prevelikog miješanja pjene i zapaljive tekućine. (slika 19.) To se postiže tako da se mlaz pjene usmjeri u unutarnju stranu stijenke spremnika tik do površine tekućine ili u cik-cak linijama kod požara lokvi razlivenih tekućina, kako bi se omogućilo jednolično klizanje pjene po površini zapaljive tekućine i njeno prekrivanje. U slučaju da se velike količine pjene pomiješaju sa zapaljivom tekućinom u požaru, postoji mogućnost da dođe do tkz. Boilover<sup>5</sup>-a (prekipljenje). (slika 20.)

---

<sup>5</sup>Boilover- prekipljenje- pojava kada voda iz pjene potone dublje u zapaljivu tekućinu koja je zagrijana na više od 100°C te zbog toga naglo dolazi do njenog isparavanja. Posljedica isparavanja vode je višestruko povećanje volumena vodene pare i izbacivanje zapaljenog sadržaja izvan posude.



Sl. 19. Posljedice Boilover-a [15]



Sl. 20. Nabacivanje zračne pjene [16]

Mjesto nastanka požara također može biti ključan faktor u odabiru vrste pjene s obzirom na ekspanziju. Požari brodske strojarnice su specifični po vrlo ograničenom prostoru u kojem se izgaranjem ugljikovodika zagrijavaju metalne stjenke broda te se zbog nemogućnosti odvođenja topline u vrlo kratkom vremenskom intervalu razvijaju visoke temperature. Zbog strukture takvih prostora uzgon kojeg stvara toplina je toliki da je taktička primjena lake pjene gotovo besmislena, tako da se mora koristiti srednje teška ili teška pjena.



**Laka pjena** dobiva se pomoću pjenogeneratora koji mogu biti prijenosni, prijevozni ili stabilni, a koristi se za požare razreda „B“ isključivo u zatvorenim prostorima kao što su avionski hangari, skladišta zapaljivih tekućina i sl. Prednost uporabe lake pjene pomoću pjenogeneratora je u brzini ispunjavanja cjelokupnog volumena štice prostora. Pojedini pjenogeneratori imaju kapacitet od 1000m<sup>3</sup>/min. U većini slučajeva se laka pjena za gašenje požara razreda „B“ koristi pomoću stabilnih sustava za gašenje požara. (slika 21.)



Sl. 21. Stabilni sustav za gašenje lakom pjenom [17]

#### 5.1.2. Taktička upotreba suhog praha za gašenje požara razreda „B“

Suhi prah spada u skupinu nevodnih sredstava. Osnovni učinak gašenja bazira se na sprječavanju odvijanja kemijskih lančanih reakcija u procesu gorenja. Primarna uloga suhog praha je gašenje požara zapaljivih plinova, tj. požara razreda „C“. Obzirom da je prah najučinkovitije sredstvo za gašenje plamena, koristi se i pri gašenju većih požara razreda „B“ u kombinaciji sa kompatibilnom zračnom pjenom. Ovakav taktički pristup gašenju svojstven je velikim specijaliziranim industrijama poput kemijske ili na aerodromima za gašenje kerozina. U rafinerijama postoji čitav niz procesnih

elemenata poput izmjenjivača topline, procesnih peći, centrifugalnih pumpi i slično gdje se zbog visokih temperatura u samom tehnološkom procesu ne smije koristiti vodena sredstva za gašenje požara (voda, pjena) pa čak ni CO<sub>2</sub>. Razlog tome je što bi korištenjem navedenih sredstava vrlo lako moglo doći do temperaturnog šoka, naglog povećanja volumena vodene pare a ponekad i raskidanja molekula vode na kisikove i vodikove atome uzrokujući još veće materijalne štete i opasnost po ljudske živote. Suhi prah je tada optimalni izbor za gašenje požara. [18]

**Metode gašenja požara razreda „B“ pomoću suhog praha.** Ukoliko se radi o požaru na otvorenom prostoru svakako je potrebno voditi brigu o smjeru vjetra, a mlaz praha bi po mogućnosti morao pratiti smjer vjetra. (slika 22.)

Pri gašenju požara razlivena zapaljiva tekućina mlaz praha treba usmjeriti u plamen a istovremeno mlaz pjene na površinu zapaljive tekućine. Ponekad, ovisno o tipu suhog praha i uputi proizvođača, mlaz praha je potrebno usmjeriti u tlo neposredno ispred zapaljive tekućine što će izazvati uskovitlavanje oblaka praha i postizanje efekta gašenja. Mlaz praha se nikada ne smije usmjeravati direktno u zapaljivu tekućinu jer bi to moglo izazvati rasprskavanje tekućine zbog velikog tlaka kojim prah istječe (12-30 bara).



Sl. 22. Uporaba praha pri gašenju šumskog požara[17]

### 5.1.3. Taktička upotreba vode za gašenje požara razreda „B“

Glavni učinak vode kao sredstva za gašenje je ohlađujući. Iako se od sredstva za gašenje požara razreda „B“ zahtjeva da posjeduje ohlađujući učinak, upotreba vode je ograničena zbog njene specifične gustoće odnosno težine. U dodiru sa zapaljivim tekućinama voda će potonuti na dno dok će zapaljiva tekućina ostati na površini i nastaviti će gorjeti ukoliko se temperatura nije snizila ispod temperature plamišta. U slučaju nabacivanja prevelike količine vode na zapaljivu tekućinu zagrijanu na više od 100° C može doći do „prekipleanja“. Voda se smije koristiti za gašenje požara zapaljivih tekućina samo u obliku raspršenog mlaza ili vodene magle i to od strane dobro uvježbanih vatrogasaca. (slika 23 i 24). Ovakvom upotrebom uz ohlađujući učinak istovremeno dolazi do efekta ugušivanja što može pozitivno rezultirati na suzbijanje vatre. Pritom se požar mora „napasti“ sa što većim količinama raspršene vode. To se postiže stabilnim ili mobilnim bacačima vode kapaciteta od 1600 l/min i više ili „B“ mlazovima vode. Prilikom gašenja požara vodenim sredstvima uvijek se mora voditi briga o električnim instalacijama kako ne bi došlo do strujnog udara i ozljeđivanja gasitelja.

Ukoliko se u neposrednoj blizini nabacuje zračna pjena važno je da se taj dio ne prekriva vodenim mlazovima jer se na taj način pjena razara i postaje neupotrebljiva.



Sl. 23. Gašenje industrijskog postrojenja vodom [19]



Sl. 24. Vatrogasni trening – upotreba vode za gašenje zapaljivih tekućina [20]

#### 5.1.4. Taktička upotreba ugljičnog dioksida (CO<sub>2</sub>) i vodene pare za gašenje požara razreda „B“

Učinak gašenja kod navedenih sredstava je primarno ugušujuć. Na otvorenom prostoru njihova je primjena gotovo beznačajna stoga se najviše koriste u stabilnim sustavima za gašenje požara. Kada govorimo o požarima razreda „B“ kao primjer možemo navesti stabilni sustav CO<sub>2</sub> za gašenje lakirnice, strojarnica broda, skladišta kemikalija i slično. Pritom je važan proračun količine sredstva za gašenje tj. gasive koncentracije a za većinu tvari je ona između 25-30 % vol.

Vodena para se koristi u industrijama gdje je stalno prisutna u velikim količinama zbog potrebe tehnoloških procesa. Kod automatskih stabilnih sustava ove radnje se odvijaju bez ljudske pomoći. Prije aktivacije stabilnog sustava za gašenje ugljičnim dioksidom ili vodenom parom mora se ispuniti određene zahtjeve:

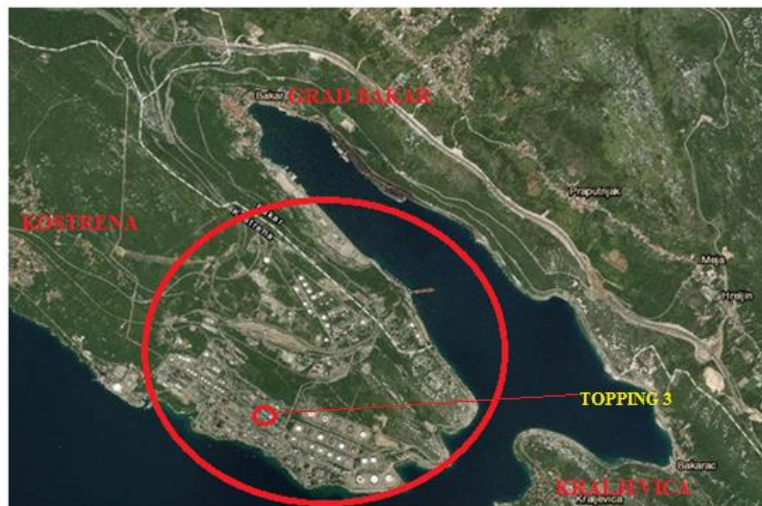
- Evakuacija svih osoba iz šticeenog prostora
- Zatvaranje svih vrata, prozora, ventilacijskih zaklopki i sl.
- Formiranje požarnih sektora pomoću kliznih vrata ili negorive zavjese.

## 6. VATROGASNA INTERVENCIJA GAŠENJA POŽARA NA POSTROJENJU ATMOSFERSKE DESTILACIJE SIROVE NAFTE- TOPPING 3

### 6.1. Opis postrojenja Topping 3

#### 6.1.1. Makrolokacija

Rafinerija nafte Rijeka smještena je u istočnom dijelu općine Kostrena, na poluotoku Kostrena koji je dijelom okrenut prema Kvarnerskom zaljevu, a dijelom prema Bakarskom zaljevu. (slika 25.) Lokacija na kojoj su smještena postrojenja i prateći objekti Rafinerije nafte Rijeka je stepenasta na tri razine terena sa srednjim visinama od 7,5; 14,5 i 31,5 m n/m. Cijela lokacija RNR zauzima površinu od 3.580.000 m<sup>2</sup> (358 ha), od čega je oko 106 ha izgrađeno (pokriveno objektima i postrojenjima), a ostale površine nisu. Preradbena postrojenja nalaze se na južnoj strani poluotoka, na istočnom dijelu smješteni su spremnici za poluproizvode, a na sredini poluotoka je spremnički prostor za gotove rafinerijske proizvode. Ukupni kapacitet spremničkog prostora je više od milijun m<sup>3</sup>.



Sl. 25. Makrolokacija TOPPING 3 [21]

### 6.1.2. Mikrolokacija

Postrojenje za atmosfersku destilaciju sirove nafte (u daljnjem tekstu Topping 3), nalazi se na zapadnoj strani grupe postrojenja „A“ (u daljnjem tekstu GPA). (slika 26.) To je prvo u nizu postrojenja GPA. Sa sjeverne strane Toppinga prolazi rafinerijska prometnica nazvana „cesta G-G“ dok sa južne strane prolazi „cesta C-C“. Na „cesti C-C“ u neposrednoj blizini postrojenja nalazi se kontrolna sala iz koje se upravlja tehnološkim procesom. Podno nje smješteni su spremnici te trasa cjevovoda između gornje i donje platforme odnosno između GPA i GPB. Zapadno od Toppinga 3 nalazi se Vatrogasni dom Urinj, a sa istočne strane postrojenja prazan je plato na kojem se nekad nalazio pogon Topping 2.



Sl. 26. Mikrolokacija TOPPING 3 [21]

### 6.1.3. Opis tehnološkog procesa

Sirova nafta je smjesa ugljikovodika (C-H) i sumpornih, dušikovih, kisikovih spojeva te nekih teških metala u tragovima, koji su pri određenim uvjetima u atmosferskoj koloni grupirani na osnovu temperature vrenja u skupine koje imaju tehničku primjenu. Sirova nafta je neupotrebljiva sve dok ne prođe proces prerade koji u suštini znači cijepanje većih molekula na manje, otklanjanje nepoželjnih spojeva poput sumporovodika te dodavanje raznih aditiva za dobivanje potrebnih svojstava određenog goriva. [4]

Postrojenje Topping 3 je namijenjeno za preradu sirove nafte (max. kapacitet 600 t/h) i njeno razdvajanje na osam produkata. Destilacija sirove nafte vrši se u atmosferskoj koloni C-1, pri tlaku 1,3 bara i 375° C. (slika 27.) Postrojenje se sastoji od sljedećih sekcija:

- odsoljavanje i odvodnjavanje - desalter
- izmjenjivači topline + procesna peć
- **destilacija (atmosferska kolona i kolona za stripiranje)**
- stabilizacija
- depentanizacija – splitter
- kompresor.

Sirova nafta se tlači preko izmjenjivača topline (140° C, 9 bara) u odsoljivač (desalter) (321 V-4 A/B). Iz odsoljivača, odsoljena nafta preko izmjenjivača topline dolazi u predfrakcionator kolonu (321 C-6) (160° C, 1,3 bara). Sa dna kolone sirovina se tlači preko izmjenjivača topline (260° C, 20 bara) u peć (321 F-1) na zagrijavanje do 375° C nakon čega ulazi **u kolonu za atmosfersku destilaciju (375° C, 1,3bara)**. Nekondenzirani ugljikovodici s vrha kolone (180°C, 1,3 bar) odlaze u akumulator vrha kolone (321 V-1) (150°C, 1,3 bar) odakle nekondenzirani ugljikovodici idu u absorber kolonu (321 C-3). Nestabilni benzin sa dna absorber kolone ide u debutanizer kolonu (321 C-4) (200° C, 8 bara). Teži ugljikovodici sa dna debutanizera odlaze u depentanizer kolonu (321 C-5) (190° C, 3 bara) gdje dolazi do razdvajanja lakog i teškog benzina.

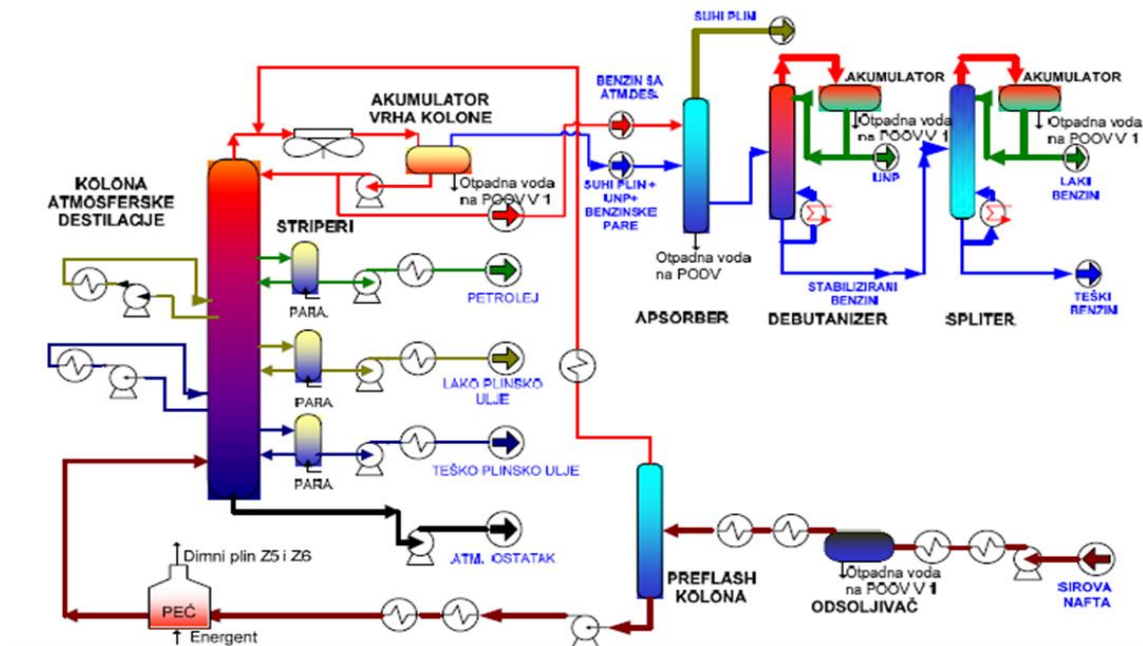
Na slici 28. prikazana je procesna shema TOPPING 3.

Produkti Toppinga 3 su teško plinsko ulje, lako plinsko ulje, petrolej, laki i teški primarni benzin, ukapljeni naftni plin, loživi (suhi) plin i atmosferski ostatak. Svi produkti Toppinga3 idu na sekundarna postrojenja radi poboljšanja kakvoće.



Sl. 27. Kolona C1





Sl. 28. Procesna shema TOPPING 3

#### 6.1.4. Izvori opasnosti i mjere zaštite od požara i eksplozija

**1. Ako odsoljivač (*desalter*) ne radi dobro,** postoji opasnost od izlaženja medija uslijed korozije cijevi u izmjenjivačima i peći, kao i korozije u vršnom sistemu atmosfere kolone, budući da velike količine soli odlaze zajedno sa sirovinom u peć. Temperatura medija u desalteru nije kritična no prilikom propuštanja postoji mogućnost dodira zapaljive tekućine sa zagrijanim površinama i nastanka požara. [8]

**Mjere zaštite:** Ako uslijed lošeg rada odsoljivača dođe do korozije i propuštanja kod peći ili u vršnom sistemu kolone, treba procijeniti opasnost i poduzeti operativno-sigurnosne mjere. Da bi se spriječila korozija u vršnom sistemu atmosfere kolone potrebno je dozirati korozivni inhibitor i regulirati pH u akumulatoru vršnog produkta. U slučaju požara na ili oko desaltera mora se voditi briga o visokom naponu električne struje (oko 30 000 V) koja služi u procesu odsoljivanja, električni sklopovi nalaze se iznad samih desaltera. Prije početka gašenja dežurni električar mora isključiti desaltere. Za gašenje koristiti tešku pjenu kojom se prekriva zapaljiva tekućina i kanalizacijski sustav oborinskih voda.

**2. U peći mora biti zadovoljavajuća izmjena zraka** koji uvjetuje i zadovoljavajuće izgaranje. U protivnom može doći do lokalnih eksplozija u peći a time i do oštećenja peći.

**Mjere zaštite:** Ako dođe do požara u peći (pucanje cijevi), vatru treba gasiti obustavljanjem dotoka nafte i obustavljanjem dotoka plina i ulja za loženje<sup>6</sup>. U ložište treba pustiti paru. Kroz cijevi također treba pustiti paru. Ako dođe do požara na povratnim glavama u komore povratnih glava treba pustiti vodenu paru, pogasiti peć i obustaviti postrojenje<sup>7</sup>. Požar na tlu oko peći treba gasiti prahom i/ili pjenom<sup>8</sup>.

**3. Kod atmosferske kolone postoji opasnost od propuštanja medija, kada nestane električne energije**, a otklanjanje kvara predugo traje. Postoji i opasnost od toplinskog udara budući da ne rade crpke za refluks. Zajedno s porastom temperature u koloni raste i tlak, što može uzrokovati izlaženje medija na slabijim spojevima. Do izlaženja medija može doći i uslijed korozije. Korozija je posebno opasna u vršnom dijelu kolone.

**Mjere zaštite:** Ako dođe do poremećaja u pogonu uslijed nestanka električne energije odmah treba staviti u pogon turbo crpke. Ako prekid električne energije duže traje, nije moguće hladiti kolonu, jer su crpke za refluks na električni pogon. Kod ovakvih situacija potrebno je hitno pogasiti peć i prijeći u cirkulaciju. Vatrogasci treba da poduzmu potrebne mjere gašenja u slučaju pojave požara. Dođe li do požara na povišenim dijelovima kolone gašenje se obavlja pomoću bacača vode/pjene sa vatrogasnog vozila.

**4. Kod stripera postoji mogućnost izbijanja požara ako zataji regulator nivoa** jer vrući medij može izlaziti na prirubnici, pa u dodiru sa cijevima za paru može doći do zapaljenja. Također postoji mogućnost izlaženja medija kao posljedica korozije i to pogotovo kod stripera teškog benzina i petroleja.

**Mjere zaštite:** Naglo propuštanje zapaljive tekućine može imati kobne posljedice jer može doći do zapaljenja usred trenja ili nekog drugog razloga. U takvim slučajevima gašenje požara raspoloživim

---

<sup>6</sup>Sve operacije vezane zatehnoški proces dužni su obavljati operateri na pogonu

<sup>7</sup>Puštanje vodene pare u cjevovod vrši se preko stabilnih sustava za gašenje parom a aktiviraju ga operateri s pogona

<sup>8</sup>Ovaj korak je isključivo posao profesionalnih vatrogasaca iz razloga što operateri nisu obučeni za takve radnje, nisu u mogućnosti prići požaru bez adekvatne osobne zaštitne opreme te sredstava i tehnike za gašenje požara koje posjeduje vatrogasna jedinica

sredstvima vrlo je teško. Najefikasniji način gašenja ovakvog požara je zatvaranje drenažnog ventila uz upotrebu posebnog zaštitnog odijela kojeg posjeduje vatrogasna postrojba.

**5. Kod hladnjaka moguće je propuštanje vrućeg medija** kao posljedica oštećenja uslijed korozije.

**Mjere zaštite:** Propuštanje lako isparive tekućine na hladnjaku vršnog produkta vrlo je opasno zbog blizine peći. Ako je propuštanje veće potrebno je obustaviti postrojenje a vatrogasci treba da vodenom maglom spriječe dodir zapaljivog materijala i peći. U slučaju požara potrebno je aktivirati stabilni sustav za gašenje vodenom maglom otvaranjem ručnog ventila na zapadnoj strani postrojenja.

**6. Zbog lošeg rada regulatora razine u vršnom akumulatoru u stabilizator može doći voda, što može uzrokovati „rušenje“ tanjura u stabilizatoru.** Osim toga, u vršnom dijelu stabilizatora moguće je propuštanje medija uslijed korozije.

**Mjere zaštite:** U slučaju pojave požara na vršnom dijelu stabilizatora potrebno je ugasiti peć, osigurati cirkulaciju sirovine kroz peć i atmosfersku kolonu. Akciju gašenja požara treba voditi tako da se spriječi širenje vatre na ostalu opremu i kanalizaciju. Mlazovima vode treba štititi susjedne kolone i posude.

**7. Uslijed krivog manevra kod promjene spremnika za ostatak (istovremeno oba spremnika zatvorena) može doći do izbijanja vrućeg ostatka na plivajućoj glavi rebojlera i do samozapaljenja.**

**Mjere zaštite:** Odmah skrenuti ostatak u slop spremnik i pristupiti gašenju požara uz postupno smanjenje kapaciteta. Gašenje požara atmosferskog ostatka provodi se teškom pjenom otpornom na polarne tekućine. Nakon ugašenog požara pristupa se popravku rebojlera. Kolona i rebojler moraju biti prethodno dobro inertizirani.

#### 6.1.5. Sustav tehničke protupožarne zaštite

Uređaji i oprema za gašenje požara na postrojenju sastoje se od stabilnih instalacija i mobilne opreme. Rafinerija nafte Rijeka pokrivena je vlastitim sustavom hidrantske mreže, koji se sastoji od dva spremnika s vodom ukupnog obujma 30 000 m<sup>3</sup> čime je osigurana dostatna količina za gašenje i

hlađenje u slučaju požara ili eksplozije. Spremnici se nalaze na nadmorskoj visini od 142 odnosno 168 metara pa je hidrostatski tlak vode u hidrantskoj mreži na Toppingu 3 oko 13 bara.

**Za gašenje požara na Toppingu 3 koriste se sljedeće stabilne instalacije i uređaje:**

- **hidrantska mreža**
- **stabilni bacači voda/pjena na visokotlačnom vodu**
- **stabilna instalacija za gašenje pjenom i hlađenje vodom.**

**Hidrantska mreža** - sastoji se od jednog cijevnog voda uz cestu G-G, na kojoj se nalaze 3 hidranta. Isto tako, uz cestu C-C proteže se hidrantski vod na kojem se nalaze 3 hidranta. Svi hidranti imaju po dva priključka tipa „storz“ promjera 75 mm na i jedan promjera 110 mm na koje se priključuje vatrogasne cijevi.

**Stabilni bacači voda/pjena na visokotlačnom vodu.** Na sjevernoj strani postrojenja iznad ceste G-G (na povišenom terenu) prolazi visokotlačni cjevovod na kojemu su ugrađena 3 kombinirana bacača, za vodu i pjenu. Visoki tlak se dobiva tako da na zahtjev vatrogasnog zapovjednika, strojar u pumpaoni uključi dizel pumpe i podiže tlak do određene vrijednosti. Ovi bacači se ručno aktiviraju. Mlazovi vode odnosno pjene prekrivaju čitavo postrojenje, pa se mogu koristiti kako za gašenje, tako i za hlađenje svih posuda i ostale opreme koja bi mogla biti požarom ugrožena. **Stabilna instalacija za gašenje pjenom i hlađenje vodom.** Uz navedene bacače iznad G-G ceste, ugrađen je jedan fiksni bacač voda/pjena na C-C cesti, u neposrednoj blizini kolone za atmosfersku destilaciju C-1, protoka 2400 l/min. Stabilni bacači voda/pjena spojeni su na spremnike pjenila i na hidrantsku mrežu. Iznad ceste G-G nalaze se 2 spremnika sa pjenilom kapaciteta 3000 l i 1 spremnik od 10 000 l. Uz C-C cestu nalazi se spremnik pjenila kapaciteta 3000 l. **Za gašenje** zračnih hladnjaka izvedena je stabilna instalacija za gašenje vodenom maglom. Ova sekcija ima ručni ventil za aktiviranje u slučaju požara, a nalazi se na zapadnoj strani postrojenja. Za gašenje/hlađenje kolone C-1 izveden je cjevovod iz hidrantske mreže koji vodi do prstenova sa mlaznicama na vrhu i sredini kolone. Aktivacija se vrši ručno otvaranjem ventila u šahti hidrantske mreže. Također postoji stabilna instalacija za gašenje vodenom parom ako izbije požar u peći. Ona se aktivira otvaranjem ventila za vodenu paru koji se nalazi u samom pogonu.

**Za gašenje požara na Toppingu 3 koristi se mobilni sustavi. Mobilni sustavi su prijenosne i prijevozne jedinice za gašenje. Raspoređene su sukladno zakonskim odredbama, projektnim**

zahtjevima i požarnim opterećenjima izračunatima u internoj dokumentaciji. Za gašenje požara na Toppingu 3 koriste se sljedeći mobilni sustavi i oprema:

- prijevodni bacač za pjenu (1600 l/min) - 1 kom (slika 29.)
- prijevodni spremnici za pjenilo (800-1000 l) - 2 kom
- prijevodni aparat za gašenje prahom (250 kg) - 2 kom (slika 30.)
- prijevodni aparat za gašenje prahom (100 kg) - 3 kom (slika 31.)
- prijevodni aparat za gašenje prahom (50 kg) - 2 kom
- prijenosni aparati za gašenje prahom (9 kg) - 30 kom (slika 32.)
- prijenosni aparati za gašenje prahom (6 kg) - 10 kom
- prijenosni aparati za gašenje CO<sub>2</sub> (10 kg) - 8 kom (slika 33.)
- prijenosni aparati za gašenje CO<sub>2</sub> (5 kg) – 14 kom.



Sl. 29. Prijevodni bacač voda/pjena



Sl. 30. Prijevodni aparat za gašenje prahom 250kg



Sl. 31. Prijevozni aparat za gašenje požara prahom 100 kg

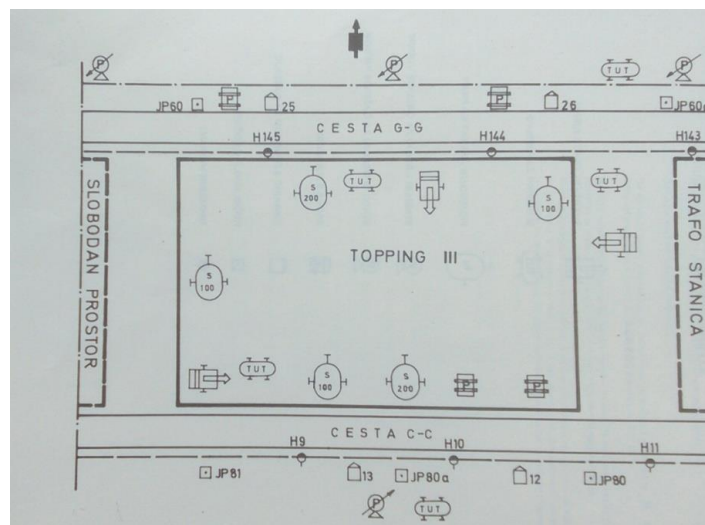


Sl. 32. Aparat za početno gašenje požara prahom 9 kg

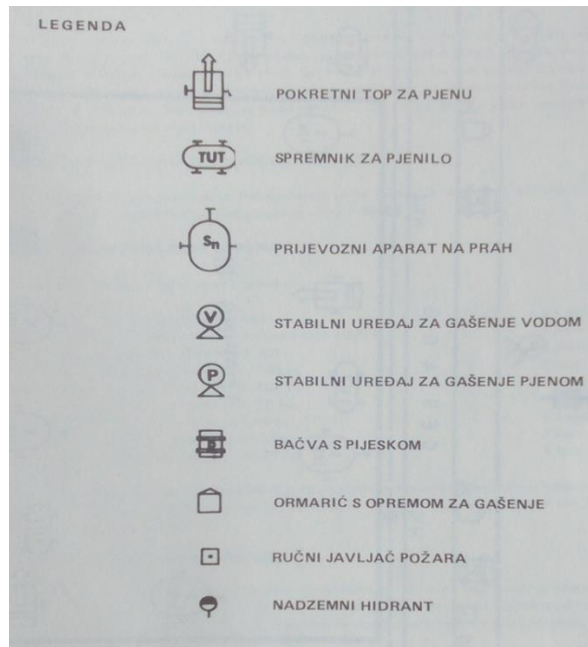


Sl. 33. Prijenosni aparat za početno gašenje CO<sub>2</sub> 5 kg.

Sva mobilna oprema za gašenje postavljena je na strateškim mjestima oko postrojenja dok su prijenosni ručni aparati za gašenje raspoređeni unutar postrojenja. Od ostale vatrogasne opreme valja spomenuti po 2 ormarića sa cijevima i armaturama koji se nalaze na G-G odnosno C-C cesti. Na slici 34. prikazan je razmještaj mobilne opreme za gašenje požara na Topping – u 3, a na slici 35. legenda sa simbolima.



Sl. 34. Razmještaj mobilne opreme za gašenje požara na Topping – u 3 [14]



Sl. 35. Legenda sa simbolima [14]

**Sustav vatrodjave na postrojenju Topping 3 sastoji se od 5 ručnih javljača požara koji se nalaze na međusobnoj udaljenosti od 40 metara. (slika 36.)** Ručnom aktivacijom javljača požara, požarni alarm se direktno prosljeđuje prema vatrodjavnoj centrali koja se nalazi u vatrogasnom domu Urinj. Time se omogućuje dolazak vatrogasne postrojbe u roku od maksimalno 2 minute do navedenog postrojenja.



Sl. 36. Ručni javljač požara

#### 6.1.6. Održavanje i ispitivanje stabilnih sustava za gašenje/hlađenje

**Provjera ispravnosti stabilnih sustava zaštite od požara** obavlja se prema Pravilniku o provjeri ispravnosti stabilnih sustava zaštite od požara „Narodne novine“, broj 44/12 i prema usvojenim pravilima tehničke prakse. Prvo i periodično ispitivanje sustava obavljaju pravne osobe ovlaštene od Ministarstva unutarnjih poslova, za obavljanje poslova ispitivanja ispravnosti sustava, koje nisu proizvele ili rekonstruirale, uvezle, projektirale, ugradile ili nadzirale ugradnju ili rekonstrukciju sustava ili njegovih elemenata, odnosno nisu vlasnici niti korisnici sustava. O obavljenom ispitivanju sustava sastavlja se zapisnik. U zapisnik o ispitivanju pored općih podataka treba unijeti:[18]

- podatke o korištenim mjernim instrumentima
- naziv propisa po kojima je izvršeno ispitivanje i broj projekata
- naziv sustava koji je ispitan, te opis i rezultate ispitivanja
- ocjenu funkcionalnosti sustava, sa opisom zapažanja i sl.
- potpis i ovjera izvješća odgovorne osobe koja je obavila ispitivanje
- Sustav se ocjenjuje ispravnim ako zadovoljava propisane uvjete iz Pravilnika, o čemu se izdaje uvjerenje o ispravnosti sustava.

**Pouzdanost uređaja i instalacija na postrojenju.** Uređaji i elementi za mjerenje i nadzor tehnološkog procesa na postrojenju te za sprječavanje nastanka i širenja požara ili eksplozije, moraju biti pouzdani te ugrađeni i održavani u ispravnom stanju, sukladno propisima, normama i uputama proizvođača. Korisnik postrojenja mora posjedovati popis uređaja i dokumentacije o pouzdanosti uređaja i elemenata što je dokaz o kakvoći pri ugradnji te o propisanim vremenskim ispitivanjima ispravnosti i izvršenim popravcima.

**Dužnost investitora** – korisnika je da za novi dio instalacije vode za vatro zaštitu postrojenja (prije tehničkog pregleda) izradi pogonske upute u kojima će se razraditi postupci i mjere za siguran rad i sprječavanje nastanka požara i eksplozije. Prije puštanja instalacije vode za vatrozaštitu postrojenja u probni rad tj. upuštanja radnog medija u sustav opreme i cjevovoda postrojenja, mora se dokazati ispravnost svih sustava koji utječu na kontrolu i sigurnost vođenja tehnološkog procesa, sprječavanja nastanka požara ili eksplozije i drugog akcidenta, te vatrodjave i sustava gašenja požara. U planu gašenja požara za novi dio instalacije vode za vatro zaštitu postrojenja, moraju se razraditi postupci



za sve moguće opasne događaje i akcidente u smislu sprječavanja nastanka i širenja požara te predvidjeti tehničke i organizacijske mjere da se smanje posljedice mogućeg akcidenta.

Stabilni sustavi za gašenje/hlađenje na Toppingu 3 su: hidrantska mreža (hidranti, fiksni bacači voda/pjena), stabilna instalacija za gašenje/hlađenje kolone C1 i stabilna instalacija za gašenje/hlađenje zračnih hladnjaka.

**Kvartalne kontrolne preglede sustava za gašenje/hlađenje na Toppingu 3** provodi vatrogasna postrojba koji obuhvaćaju: [22]

- aktivaciju sustava
- vizualni pregled ventila, hidranata, cjevovoda i mlaznica- utvrđivanje propusnosti, začepljenosti, mehaničkih kvarova
- zapisnik odnosno očevidnik o stanju sustava

Očevidnik se predaje zapovjedniku postrojbe koji ga prosljeđuje odgovornoj osobi službe zaštite od požara.

**Periodičko ispitivanje ispravnosti sustava za gašenje/hlađenje** - provodi se jednom godišnje. Ispitivanje vrši vanjska ovlaštena tvrtka u suradnji sa službom za zaštitu od požara i vatrogasnom postrojbom RNR. U tablici 3. navedeni su zahtjevi koje sustav mora zadovoljiti prilikom periodičnog ispitivanja kompletnog sustava za gašenje/hlađenje na Toppingu 3.

Tab. 3. Prilikom periodičkog ispitivanja sustav mora zadovoljiti sljedeće zahtjeve: [14]

|    |   | Zadovoljava                         | Ne<br>Zadovoljava        |
|----|---|-------------------------------------|--------------------------|
| 1. | Stabilni sustav za hlađenje raspršenom vodom izveden sukladno projektnoj dokumentaciji.   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. | Aktiviranjem zasunskih armatura utvrđena je ispravnost i prohodnost sustava.  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. | Prilikom ispitivanja sve mlaznice bile su protočne i ostvarivale su maksimalno polijevanje.                                     | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. | Drenažne armature ispravno dreniraju.   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5. | Prilikom rada sustava tlak na najbližem hidrantu od kolone iznosi 8,1 bar.  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6. | Prilikom obavljenog ispitivanja na stabilnom sustavu nije bilo propuštanja, te je utvrđena njegova funkcionalnost i ispravnost. | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Za održavanje sustava za gašenje/hlađenje na Toppingu 3 zadužena je rafinerijska profesionalna vatrogasna postrojba te služba sigurnosti i zaštite rafinerije nafte Rijeka. Dužnosti vatrogasne postrojbe su kvartalni pregledi prilikom kojih se obavlja i redovno održavanje u koju spada: zamjena brtvi, podmazivanje i označavanje ventila, hidranata i sl.

Stručnjak zaštite od požara zadužen je za planiranje održavanja svih sustava za gašenje i hlađenje te u skladu sa utvrđenim nedostacima iz očevidnika angažira vanjske suradnike za popravak istih.

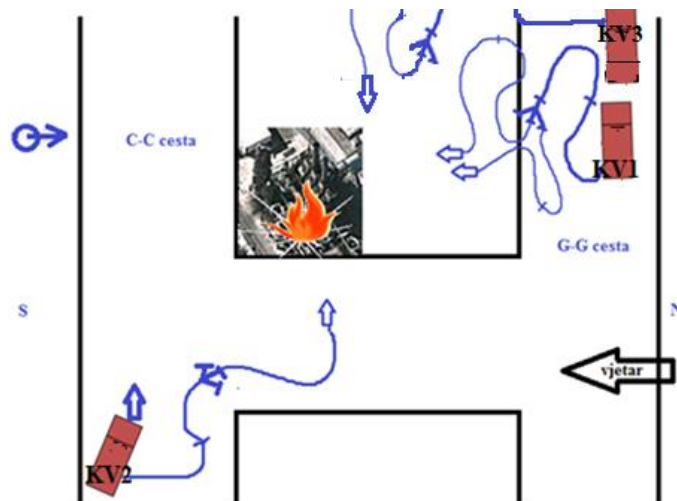
## 6.2. Rekonstrukcija događaja - požar na Toppingu 3

Dana 18.08.2014. u 22:15 h VDC Urinj zaprima dojavu o požaru na postrojenju za primarnu destilaciju sirove nafte. U 22:16 h zapovjednik smjene VP RNR dolazi na mjesto događaja te nakon izviđanja i kratkih konzultacija sa glavnim tehnologom poziva 3 vatrogasna vozila na intervenciju. Prilikom izviđanja utvrđeno je da se radi o propuštanju i gorenju atmosferskog ostatka<sup>9</sup> iz pumpe

<sup>9</sup> Atmosferski ostatak- teška frakcija sirove nafte koja nastaje pri atmosferskoj destilaciji. Iz MP1 izlazi zagrijan na oko 350°C (temperatura samozapaljenja), zbog čega pri dodiru sa kisikom iz zraka dolazi do zapaljenja.

MP1. Pritom plamen zahvaća veći dio kolone C1 za atmosfersku destilaciju sirove nafte. Ventil za aktiviranje stabilnog sustava za gašenje/hlađenje kolone C1 nalazi se na direktnom udaru plamena te mu nije moguće prići.

U 22:17 h iz vatrogasnog doma Urinj izlaze te u istoj minuti dolaze na Topping 3 sljedeća vozila: kombinirano vatrogasno vozilo za gašenje pjenom, vodom i prahom (u daljnjem tekstu KV1) te kombinirano vatrogasno vozilo za gašenje pjenom i vodom (u daljnjem tekstu KV2). Iz vatrogasnog doma Šoići, udaljenog oko 3 km od mjesta događaja, istovremeno izlazi 1 kombinirano vatrogasno vozilo za gašenje pjenom, vodom i prahom (u daljnjem tekstu KV3). Dolaskom na postrojenje KV1 se prema zapovjedi pozicionira na cestu G-G, KV2 na cestu C-C dok par minuta kasnije KV3 dolazi na G-G cestu sa suprotne strane KV1. (slika 37.)



Sl. 37. Taktički nastup PVP RNR

Navalna grupa sa KV1 kreće sa postavljanjem „B“ i „C“ mlaza teške pjene. „B“ mlazom teške pjene vrši se gašenje požara oko pumpe MP1, a „C“ mlaz pjene koristi se za ispunjavanje kanalizacijskog sustava u koji se zapaljiva tekućina razlijeva.

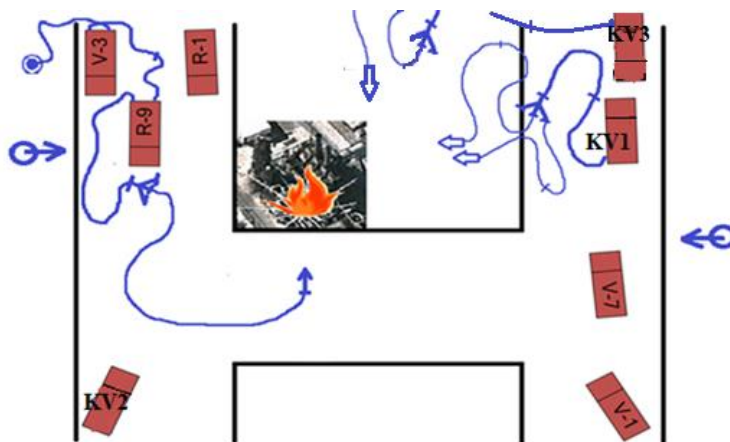
Navalna grupa sa KV2 postavlja „B“ mlaz teške pjene u smjeru pumpe MP1 i započinje sa gašenjem. Nakon nekoliko minuta zbog pojačanog isijavanja topline navalna grupa sa KV2 se povlači te se bacačem sa vozila nastavlja gašenje.

Pri dolasku na mjesto događaja, navalna grupa sa KV3 postavlja „B“ mlaz teške pjene kroz postrojenje prema MP1 i započinje sa gašenjem. Desetak minuta nakon početka gašenja dovodni ventil atmosferskog ostatka iz kolone C1 u MP1 potpuno je uništen u požaru. Cjelokupni preostali sadržaj ugljikovodika iz C1 slobodnim padom izlazi kroz oštećenu MP1 i nastavlja gorjeti. Sljedeći korak operatera na pogonu je pokušaj aktiviranja rezervne pumpe MP2 kako bi se preostali sadržaj iz C1 pretočio u prihvatne spremnike. Tom radnjom došlo bi do uklanjanja gorive tvari i bržeg gašenja požara. Uslijed prevelikog isijavanja topline nije moguće prići i aktivirati MP2.

Na vozilu KV2 dolazi do problema sa radom pumpe vode te prestaje sa gašenjem preko bacača sa vozila. Uslijed nedostatka ljudstva te izmorenosti vatrogasaca u 22:46 h na traženje zapovjednika smjene, dispečer VDC Urinj poziva JVP Grada Rijeke u ispomoć.

U 23:13 h na mjesto događaja stižu pripadnici JVP Rijeka sa 3 vatrogasna vozila i 10 vatrogasaca. Vozila pozicioniraju na C-C cestu ispred KV2 te postavljaju „C“ mlaz teške pjene kojim pomažu u gašenju požara razlivena tekućine oko kolone C1 odnosno pumpe MP1. Na traženje zamjenika zapovjednika JVP Grada Rijeke u 23:44 h poslana su dodatno vozila V-7 i V-1 prema Urinju, koja stižu na lokaciju oko ponoći. (slika 38.)

U ispomoć stižu i 2 rafinerijska vatrogasca/vozača koji preuzimaju KV2 i uspijevaju ga osposobiti te nastavljaju sa gašenjem. U 23:58 h požar stavljen pod nadzor. (slika 39.)



Sl. 38. Taktički nastup u suradnji sa JVP



Sl. 39. Požar u završnoj fazi

U svrhu hlađenja kolone C1 postavlja se prijenosni bacač vode sa KV2 te se aktivira fiksni bacač vode sa visokotlačnog voda iznad G-G ceste. Operateri puštaju paru u kolonu radi neutralizacije i prati se temperatura unutar kolone.

U 1:08 h požar je ugašen.

Nakon pospreme opreme na mjestu događaja ostaje dežurati KV1 sa posadom dok se ostali vraćaju u vatrogasni dom. Pripadnici JVP Grada Rijeke nakon pospreme vraćaju se u svoj vatrogasni dom na Vežici i u centru.

### **6.3. Proračun sredstva za gašenje**

#### **Utrošena sredstva za gašenje:**

Volumen utrošenog pjenila: 2000 l (utvrđeno s obzirom na količinu koja nedostaje na vozilima)

Voda: 60 000 l (dobiveno proračunom pjenila Hydrex AR 3x3 %

Volumen vode = volumen pjenila x postotak doziranja

Volumen vode = 2000 l x 3%

Volumen vode za gašenje = 60 000 l

#### **Utrošena sredstva za hlađenje:**

Fiksni bacač na visokotlačnom vodu - kapacitet 3200 l/min

Prijenosni bacač sa KV2 - kapacitet 2000 l/min

Volumen vode za hlađenje: (3200 l/min+2000 l/min) x 60 min

**Volumen vode za hlađenje: 312 000 l**

**Ukupno utrošena sredstva na intervenciji:** pjenila 2000 l i vode (za gašenje i hlađenje) 372 000 l.

### **6.4. Službeno izvješće o događaju**

Zagreb/ Rijeka, 18. kolovoza 2014. g. U nedjelju u **22:15** sati došlo je požara na Postrojenju za primarnu destilaciju u Rafineriji nafte Rijeka, uzrokovanog propuštanjem atmosferskog ostatka na pumpi na dnu kolone za destilaciju spomenutog postrojenja. U pravovremenu intervenciju vatrogasne postrojbe riječke rafinerije uključila se i Javna vatrogasna postrojba Grada Rijeke, nakon čega je požar stavljen pod kontrolu i ugašen. [23]

## 6.5. Analiza vatrogasne intervencije

Iskustvo je pokazalo da je nakon svake zahtjevnije intervencije poželjno izraditi analizu iste. Svrha analize je temeljito obraditi sve poznate činjenice o događaju kako bi se utvrdile radnje i postupci odrađeni na intervenciji. Na temelju tih saznanja donose se zaključci o svakoj radnji i postupku te mjere za unapređenje istih. Unapređenje svakog pojedinačnog koraka rezultira podizanjem kvalitete cjelokupne intervencije. Uspješnost intervencije u vatrogasnom smislu očituje se u brzini odaziva, smanjenju sigurnosnih rizika na najmanju moguću razinu te efikasnosti u gašenju.

### 6.5.1. Evaluacija obavljenih radnji i postupaka prema tijeku intervencije

U ovoj analizi pozitivno ocjenjene radnje i postupci označeni su sa +, dok su negativno ocjenjene označene sa -.

**Dojava požara i uzbunjivanje.** Prilikom redovnog obilaska pogona operater uočava požar na MP1. Odmah aktivira najbliži ručni javljač. Zbog neispravnosti javljača alarm nije prosljeđen u VDC Urinj. Voditelj postrojenja zatim telefonski poziva VDC koji daje uzbunu u vatrogasni dom Urinj.

#### **Evaluacija:**

- + Operater postupa prema internim uputama u slučaju požara ili eksplozije
- + Rukovoditelj VDC-a daje uzbunu u vatrogasni dom
- sustav vatrodojave nije odradio.

**Izlazak na intervenciju i kretanje gasnog vlaka.** Nakon uzbunjivanja prvi izlazi zapovjednik smjene. Nakon kratkog izviđanja, procjene i donošenja odluke poziva vozila KV1, KV2 i KV3. KV1 i KV2 izlaze jedan iza drugog iz VD Urinj dok KV3 kreće iz ispostave VD Šoići.

#### **Evaluacija:**

- + vrijeme izlaska, unutar propisanog vremena od 60 sekundi.

**Razmještaj vozila.** KV1 pozicionira se na G-G cestu, KV2 na paralelnu C-C cestu dok KV3 dolazi sa suprotne strane KV1 na G-G cestu. **Evaluacija:**

- + udaljenost od žarišta požara, poštivanje sigurnosnih udaljenosti
- + vozila postavljena uz vjetar
- +/- pozicija KV3, zbog uske prometnice zapriječio evakuacijski put za KV1.

#### **Izbor taktike gašenja požara s obzirom na:**

- **gorivu tvar** (atmosferski ostatak); teška zračna pjena
- **mjesto požara** (otvoreni prostor); obuhvatna navala<sup>10</sup>
- **posebne opasnosti prilikom gašenja** (povećana radijacija topline, raspadanje, izolacijske oplata sa kolone); pozicioniranje vatrogasnih grupa na sigurne udaljenosti
- **raspoložive snage** (12 vatrogasaca); 2 „B“, 1 „C“ mlaz teške pjene i fiksni bacač sa KV2,
- **vremenske uvjete** (vedro sa slabim do umjerenim sjeveroistočnim vjetrom), pozicioniranje vozila
- **vrstu požara** (gorenje ugljikovodika zagrijanog iznad temperature samozapaljenja koji neprestano istječe pod tlakom); pasivna lokalizacija<sup>11</sup>.

#### **Evaluacija:**

- + korištenje teške zračne pjene; poštivanje sigurnosno-tehničkih listova<sup>12</sup> (slika 40.)
- + obuhvatna navala; onemogućeno širenje požara u svim smjerovima
- + pozicioniranje vatrogasnih grupa; poštivanje sigurnosnih udaljenosti
- + pozicioniranje vozila; sva vozila postavljena uz vjetar i na sigurnu udaljenost
- + pasivna lokalizacija; zbog prirode požara (istjecanje zagrijanog medija pod tlakom)
- **raspoložive snage**; minimalni broj vatrogasaca u objektu Ia kategorije ugroženosti od požara i eksplozija iznosi 65 ljudi ravnomjerno raspoređenih u 4 smjene, što znači da u svakoj smjeni mora biti otprilike 16 vatrogasaca. Na dan požara u smjeni je bilo ukupno 12 vatrogasaca; od navedenog broja 2 vatrogasca su na dislokacijama zbog stalnog dežurstva a 1 je zapovjednik

<sup>10</sup>Označava taktički napad vatrogasnih formacija- požar se obuhvaća sa dvije ili tri strane

<sup>11</sup>Termin koji se koristi za djelovanje vatrogasnih formacija na način da štite nezahvaćene dijelove objekta, prostora, površina i materijala od djelovanja topline iz požara

<sup>12</sup>Dokumenti koji sadrže sve podatke o opasnostima i mjerama zaštite pri rukovanju, transportu, skladištenju, incidentima i sl.



smjene odnosno voditelj intervencije; konačno dolazimo do broja od 9 vatrogasaca/vozača koji su fizički odradili intervenciju i zbog čega su pozvane dodatne snage u pomoć

+/- nekorištenje zaštitnih odijela za prilaz vatri; u požaru potpuno uništena 3 intervencijska odijela



## SIGURNOSNO-TEHNIČKI LIST

sukladan Uredbi (EZ) br. 1907/2006

Stranica 1 od 11

|                 |                                 |          |             |
|-----------------|---------------------------------|----------|-------------|
| Naziv proizvoda | OSTATAK ATMOSFERSKE DESTILACIJE | Datum:   | 24.03.2011. |
|                 |                                 | Izdanje: | 2           |

### 5. MJERE ZA SUZBIJANJE POŽARA

#### - Sredstva za gašenje požara

##### - PRIKLADNA:

Teška zračna pjena (pjenilo na bazi alkohola) za veće požare. Suhi prah i CO<sub>2</sub> za manje požare.

##### - NE SMIJU SE UPOTREBLJAVATI:

Vodeni mlaz.

#### - Protupožarne mjere za posebne opasnosti:

Ukloniti sve izvore zapaljenja, pozvati vatrogasce i policiju. Posebno voditi računa o tome da postoji opasnost od stvaranja eksplozivne smjese sa zrakom na temperaturama iznad temperature plamišta tj. iznad 110°C.

#### - Posebne metode za gašenje požara:

Korištenje vodene magle i vodenog spreja za hlađenje površina izloženih toplini i za zaštitu osoba. Samo osobe trenirane za protupožarnu zaštitu mogu koristiti vodeni sprej (raspršena voda).

SL. 40. Sigurnosno – tehnički list; atmosferski ostatak [24]

### Rad vozača/strojara i vatrogasaca:

+ pozicioniranje vozila; prema zapovjedi nadređenog

+ strojari i vatrogasne grupe na KV1 i KV3 odradili sve prema zahtjevu voditelja intervencije

+/- prestanak rada KV2; značajan gubitak raspoloživih snaga za gašenje ( bacač pjene 4000 l/min )

**Pozivanje i rad dodatnih snaga.** U 22:46 h zatražena pomoć od JVP Grada Rijeke. Prema odabiru dežurnog dispečera u VOC Rijeka na intervenciju u RNR upućuje 3 vozila sa 10 vatrogasaca: V-3 (autocisterna), R-9 (vozilo za rad s opasnim tvarima) i R-1 (navalno vozilo). U 23:08 h navedena vozila stižu na glavni ulaz u rafineriju gdje ih dočekuje dežurni zaštitar. On ih vodi do požarišta gdje stižu u 23:13 h.

**Pozicioniranje vozila.** Sva 3 vozila dolaze na C-C cestu nasuprot KV2. Vozilo V-3 spaja se na hidrant te daje vodu na vozilo R-9. Sa R-9 postavlja se cijevna pruga i jedan „C“ mlaz teške pjene te se požaru pristupa sa istočne strane. U nekom trenutku aktivira se fiksni bacač vode na cesti C-C zbog pokušaja hlađenja kolone. **Evaluacija:**

+ komunikacija između VDC Urinj i VOC Rijeka

+ asistencija zaštitarske službe; dopratili dodatne snage na predmetnu lokaciju

- suradnja između zapovjedništva vatrogasne postrojbe RNR i zapovjedništva JVP Grada Rijeke, nije se poštovala odluka zapovjednika PVP RNR da se koristi oprema i sredstva sa rafinerijskih vozila te se nije stupilo u pomoć vatrogascima sa KV1 (dugotrajno izlaganje fizičkom naporu, zamjena izolacijskih aparata)

- odabir vatrogasnih vozila prema namjeni, nepotrebno slanje V-3 (autocisterna), kada je poznato da RNR posjeduje dovoljne zalihe vode za gašenje

+/- pozicioniranje vozila, nije se uzelo u obzir smjer vjetra prilikom postavljanja vozila na C-C cestu, dovođenje u opasnost vozila i osoblja

- relejna dobava vode, spajanje autocisterne na drugo vatrogasno vozilo; neopravdani gubitak vremena i trošenje ljudskih resursa

- „C“ mlaz teške pjene, korištena mlaznica protoka 200 l/min što ne zadovoljava kapacitetom na požarima ovakvog tipa.

**Ostale radnje.** Dolaskom na mjesto požara razmatra se mogućnost aktivacije sustava za gašenje/hlađenje kolone C1. Uslijed djelovanja plamena nije moguće prići ventilu te se odustaje od hlađenja kolone. Zatvaranjem ventila dovoda atmosferskog ostatka u pumpu MP1 ostvarilo bi se uklanjanje gorive tvari i tako pogasilo požar u kratkom vremenu. Dotični elektroventil stradava nekoliko minuta nakon početka požara. Zapaljiva tekućina nesmetano nastavlja izlaziti iz kolone kroz pumpu MP1.

Operateri pokušavaju pokrenuti obližnju pumpu kako bi pretočili atmosferski ostatak koji ulazi u MP1. Zbog blizine žariša požara nije moguće prići sve dok se ne smanji intenzitet požara. **Evaluacija:**

+ Sve navedene radnje i postupci operatera i vatrogasnog osoblja u svrhu hlađenja kolone i zatvaranja ventila, odnosno pokretanja pumpe za recirkulaciju medija, logični su potezi koje se moraju odraditi.

### 6.5.2. Rezime analize vatrogasne intervencije

Vatrogasna intervencija gašenja požara na Toppingu 3 uspješno je odrađena. Požar je u najkraćem roku lokaliziran čime je spriječeno dalje širenje na ostatak pogona. Naposljetku požar je potpuno ugašen pri čemu nije bilo teže ozlijeđenih ni poginulih.

U požaru su potpuno uništena 3 vatrogasna interencijska odijela uslijed rasprskavanja atmosferskog ostataka. To se moglo izbjeći korištenjem aluminiziranih odijela za prilaz vatri čime bi se smanjio rizik od toplinskog djelovanja na vatrogasce te istovremeno zaštitila interencijska odijela.

Nedostatan broj vatrogasaca PVP RNR. Gašenju se pristupilo sa maksimalnim angažmanom raspoloživih snaga, što je naposljetku ipak bilo nedovoljno uslijed duljine trajanja intervencije. Time je opravdano pozivanje dodatnih snaga u pomoć.

„Kvar“ na vozilu KV2 rezultirao je prestankom rada istog. Svako vatrogasno vozilo ima predviđen „rad u nuždi“ prilikom kvara na električkom dijelu ili elektropneumatskim ventilima. Vozač na KV2 nije imao ta saznanja. Uzroke toga treba tražiti u slaboj teorijskoj i praktičnoj nastavi te nedosljednosti zapovjedništva u vezi zahtjeva prema vatrogascima.

Suradnja između PVP RNR i JVP Grada Rijeke pokazala se kao stavka koju je moguće i prijeko potrebno podići na višu razinu. Da bi intervencija u kojoj sudjeluje više vatrogasnih postrojbi bila uspješna, potrebno je imati jasnu liniju zapovijedanja i držati se toga. Prema „Pravilniku o međusobnim odnosima vatrogasnih postrojbi u vatrogasnim intervencijama“, koji je dio „Zakona o zaštiti od požara“, vatrogasnu intervenciju kod pravne osobe koja ima profesionalnu vatrogasnu postrojbu vodi zapovjednik te postrojbe.

VOC Rijeka - slanje neadekvatnih vozila (vatrogasna cisterna) na intervenciju u RNR. Očigledno da dispečer nije imao podatke o izgledu hidrantske mreže i zalihama vode u rafineriji. Uzrok tome treba tražiti u nedovoljnoj suradnji zapovjedništva dviju postrojbi. Rješenje problema leži u redovitom obilaženju prostora rafinerije od strane JVP te provođenje zajedničkih vježbi i raznih edukacija u domeni vatrogastva.

## 7. ZAKLJUČAK

Operativni dio zaštite od požara i eksplozija čine intervencije vatrogasnih postrojbi. Na primjeru vatrogasne intervencije obrađene u ovom radu lako se mogu donijeti određeni generalni zaključci koji se nameću sami po sebi.

Ljudski resursi neizostavan su dio svake vatrogasne intervencije; bez dovoljnog broja vatrogasaca, određene intervencije nema smisla ni započinjati. Broj ljudi u postrojbi i njihova psihofizička osposobljenost za obavljanje vatrogasne djelatnosti temeljna su pitanja koja bi se trebala rješavati na razini menadžmenta tvrtke.

Vatrogasna tehnika jednako je važna stavka kao i ljudski potencijali; u nedostatku količine, kvalitete, prikladnosti i ispravnosti vatrogasne opreme vrlo lako može doći do nemogućnosti djelovanja vatrogasnih formacija. Da bi se zadovoljilo uvjete iz navedenog potrebno je osigurati financijska sredstva i sustavno voditi evidenciju o ispravnosti opreme, što je zadaća zapovjedništva svake postrojbe.

Način da se postigne što bolja razina znanja i vještina unutar postrojbe jest redovito provođenje teorijske nastave te vatrogasnih vježbi. Tu se prvenstveno mora angažirati zapovjedništvo postrojbe te vanjski stručni suradnici s područja vatrogastva, zaštite od požara, zaštite i spašavanja, medicinske službe i drugih srodnih zanimanja. Budući da trenutno u Republici Hrvatskoj ne postoji prikladna literatura koja bi se bavila isključivo tematikom vatrogastva u industriji kao specifikuma, smatram da je nužno što prije riješiti taj problem. Moguće rješenje je pisanje nove ili prevođenje inozemne literature koja bi zadovoljavala potrebe ovdašnjeg načina rada. Vatrogasne vježbe moraju uključivati realne scenarije mogućih događaja, korištenje sve dostupne opreme i sredstava za gašenje i hlađenje, nadzor nad provedbom te analizu svake pojedinačne vježbe. U nedostatku vatrogasnog poligona za obuku industrijskih vatrogasaca poželjno je sustavno usavršavanje u inozemstvu.

## 8. LITERATURA

- [1] Pravilnik o zapaljivim tekućinama, Narodne novine br. 54/99
- [2] <https://i1.wp.com/www.lcslaboratory.com/wpcontent/uploads/2013/08/burningliquid.jpg?%20ssl=1>, Pristup 14.08.2019.
- [3] Grupa autora, (2006). *Priručnik za osposobljavanje vatrogasnih dočasnika i časnika*. Zagreb: Hrvatska vatrogasna zajednica.
- [4] Teh-projekt Inženjering – Oprema, <https://tehprojekt.com/product/69/monnex>, Pristup 30.07.2019.
- [5] Vatro promet, vatrogasna i zaštitna oprema, <http://vatropromet.hr/proizvod/mlazni/>, Pristup 30.07.2019.
- [6] Vatro promet, vatrogasna i zaštitna oprema, <http://vatropromet.hr/proizvod/mlaznica-za-srednje-tesku-pjenu-sa-ventilom-l200-m2-%20storz-c-awg/>, Pristup 30.07.2019.
- [7] Vatrogasne sprave i oprema, <https://docplayer.gr/76870294-Vatrogasne-sprave-i-oprema.html>, Pristup 30.07.2019.
- [8] **Todorovski Đ.**, (2012). Predavanje iz kolegija Sustav vatrodojave i gašenje. Karlovac: Veleučilište u Karlovcu.
- [9] Odbor za normizaciju vatrogasne tehnike i opreme, Tipizacija vozila u vatrogastvu, Hrvatska vatrogasna zajednica, (2010.)
- [10] **Hranilović M.**, Rekonstrukcija jednostupanjske uparne stanice, [http://repositorij.fsb.hr/8668/1/Hranilovic\\_2018\\_diplomski.pdf](http://repositorij.fsb.hr/8668/1/Hranilovic_2018_diplomski.pdf), Pristup 01.08.2019.
- [11] STUD PAC, ISO 9001:2008 – QMS/UKAS, <http://studpac.com/products-details/33/venturi-jet-vaccum-ejector>, Pristup 01.08.2019.
- [12] Kohlendioxid-Loschanlagen, Hochwirksam in vielen Anwendungen, <http://studpac.com/products-details/33/venturi-jet-vaccum-ejector>, Pristup 14.08.2019.
- [13] Pravilnik o minimumu tehničke opreme i sredstva vatrogasnih postrojbi, Narodne novine br. 43/95 i 91/02
- [14] INA grupa, interna skripta „Ispitivanje ispravnosti sustava za gašenje raspršenom vodom“

- [15] Fire fighting foam and DCP, <http://cfdsolution.com/fire-fighting-foam-and-dcp/>, Pristup 14.08.2019.
- [16] JVP, Sisak, <https://www.youtube.com/watch?gl=UG&hl=en-GB&v=gWKVWmFzx8k>, Pristup 18.07.2019.
- [17] Automatske protupožarne instalacije, <https://apin.hr/gasenje-pjenom/primjena/>, Pristup 29.08.2019.
- [18] Šmejkal Z., „Uređaji, oprema i sredstva za gašenje i zaštitu od požara“, Savez kemičara i tehnologa Hrvatska: Kemija u industriji, Zagreb, (1991.), ISBN 89-80907-11-1
- [19] Zehn Verletzte bei Großbrand auf Raffineriegelände, <https://www.tagesspiegel.de/gesellschaft/panorama/nahe-ingolstadt-zehn-verletzte-bei-grossbrand-auf-raffineriegelaende/22985396.html>, Pristup 18.07.2019.
- [20] Firefighting practice, <https://www.defense.gov/observe/photo-gallery/igphoto/2001274173/>, Pristup 18.07.2019.
- [21] Vanjski plan zaštite i spašavanja u slučaju nesreća koje uključuju opasne tvari za područja postrojenja INA – Industrija nafte d.d., Rafinerija nafte Rijeka i HEP Proizvodnja d.o.o., Termoelektrana Rijeka, Stranica 27, <https://kostrena.hr/prijedlog-vanjskog-plana-zastite-i-spasavanja-u-slucaju-velikih-nesreca-koje-ukljucuju-opasne-tvari-za-podrucje-postrojenja-ina-industrija-nafte-d-d-rafinerija-rijeka-i-hep-proizvodnja-d-o-o-termoel/>, Pristup 28.08.2019.
- [22] Izvješće o sigurnosti INA-industrija nafte, d.d. za područje postrojenja: RNR, [https://mzoe.gov.hr/UserDocsImages//Rizicna%20postrojenja/Izvjesca%20o%20sigurnosti-u%20tijeku/Izvjescje\\_o\\_sigurnosti\\_\(Rafinerija\\_Rijeka\).pdfm](https://mzoe.gov.hr/UserDocsImages//Rizicna%20postrojenja/Izvjesca%20o%20sigurnosti-u%20tijeku/Izvjescje_o_sigurnosti_(Rafinerija_Rijeka).pdfm), Pristup 28.08.2019.
- [23] INA otkrila uzrok požara u rafineriji Urinj, <https://www.rijekadanas.com/veliki-pozar-u-rafineriji-urin/>, Pristup 28.08.2019.
- [24] INA, Sigurnosno-tehnički listovi, <https://www.ina.hr/kupci/proizvodi-i-usluge/sigurno-upravljanje-proizvodom/sigurnosno-tehnicki-listovi/41>, Pristup 28.08.2019.

## 9. PRILOZI

### 9.1. Popis simbola (korištenih kratica)

| <b>Kratice</b>  | <b>Značenje kratica</b>                                   |
|-----------------|---|
| TDP             | Tlačni dozator pjenila                                    |
| RNR             | Rafinerija nafte Rijeka                                   |
| HCU             | Hidro crackingunit  |
| CO <sub>2</sub> | Ugljični dioksid  |
| CAFS            | Compresedairfoam system                                   |
| NT              | Normalni tlak   |
| VT              | Visoki tlak   |
| GPA             | Grupa postrojenja A                                       |
| VDC             | Vatrodjavna centrala                                      |
| KV1             | Kombinirano vatrogasno vozilo 1                           |
| KV2             | kombinirano vatrogasno vozilo 2                           |
| KV3             | kombinirano vatrogasno vozilo 3                           |
| R-1             | Vatrogasno vozilo javne vatrogasne postrojbe Grada Rijeke |
| V-3             | Vatrogasno vozilo javne vatrogasne postrojbe Grada Rijeke |
| R-9             | Vatrogasno vozilo javne vatrogasne postrojbe Grada Rijeke |
| V-1             | Vatrogasno vozilo javne vatrogasne postrojbe Grada Rijeke |
| V-7             | Vatrogasno vozilo javne vatrogasne postrojbe Grada Rijeke |
| VOC             | Vatrogasni obavještajni centar                            |
| PVP             | Profesionalna vatrogasna postrojba                        |
| JVP             | Javna vatrogasna postrojba                                |
| MP1             | Motorna pumpa 1   |
| VD              | Vatrogasni dom  |

## 9.2. Popis slika

|  |    |
|--|----|
| Sl. 1. Gorenje para zapaljivih tekućina.....                                   | 5  |
| Sl. 2. Gorenje suhim prahom.....   | 8  |
| Sl. 3. Mlaznica za tešku pjenu.....  | 10 |
| Sl. 4. Mlaznica za srednje tešku pjenu.....                                    | 10 |
| Sl. 5. Generator lake pjene.....   | 11 |
| Sl. 6. Hidrant – bacač.....  | 15 |
| Sl. 7. Bacač voda/pjena sa pripadajućim spremnikom pjenila.....                | 16 |
| Sl. 8. Spremnik s plutajućim krovom.....                                       | 17 |
| Sl. 9. Zračna komora za tešku pjenu.....                                       | 17 |
| Sl. 10. Tlačni dozator pjenila TDP.....  | 19 |
| Sl. 11. Princip rada ejektora.....   | 19 |
| Sl. 12. Ejektor.....   | 19 |
| Sl. 13. Poluautomatska aktivacija drencher sustava.....                        | 20 |
| Sl. 14. Ručna aktivacija TDP – a.....  | 21 |
| Sl. 15. Princip gašenja požara pomoću stabilnog sustava CO2.....               | 23 |
| Sl. 16. Vozilo br. 4.....  | 26 |
| Sl. 17. Vozilo br. 6.....  | 26 |
| Sl. 18. Vozilo br. 7.....  | 26 |
| Sl. 19. Posljedice Boilover – a.....   | 29 |
| Sl. 20. Nabacivanje zračne pjene.....  | 29 |
| Sl. 21. Stabilni sustavi za gašenje lakom pjenom.....                          | 30 |
| Sl. 22. Uporaba praha pri gašenju šumskog požara.....                          | 31 |
| Sl. 23. Gašenje industrijskog postrojenja vodom.....                           | 32 |
| Sl. 24. Vatrogasni trening – upotreba vode za gašenje zapaljivih tekućina..... | 33 |
| Sl. 25. Makrolokacija Topping 3.....   | 34 |
| Sl. 26. Mikrolokacija Topping 3.....   | 35 |
| Sl. 27. Kolona C1.....   | 37 |
| Sl. 28. Procesna shema Topping 3.....  | 38 |
| Sl. 29. Prijevozni bacač voda/pjena.....                                       | 42 |



|  |    |
|--|----|
| Sl. 30. Prijevozni aparat za gašenje prahom 250 kg.....                  | 42 |
| Sl. 31. Prijevozni aparat za gašenje prahom 100 kg.....                  | 43 |
| Sl. 32. Aparat za početno gašenje požara prahom 9 kg.....                | 43 |
| Sl. 33. Prijenosni aparat za početno gašenje CO2 5 kg.....               | 43 |
| Sl. 34. Namještaj mobilne opreme za gašenje požara na Topping – u 3..... | 43 |
| Sl. 35. Legenda sa simbolima.....  | 44 |
| Sl. 36. Ručni javljač požara.....  | 44 |
| Sl. 37. Taktički nastup PVP RNR.....                                     | 48 |
| Sl. 38. Taktički nastup u suradnji s JVP.....                            | 49 |
| Sl. 39. Požar u završnoj fazi.....                                       | 50 |
| Sl. 40. Sigurnosno – tehnički list; atmosferski ostatak.....             | 54 |

### 9.3. Popis tablica

|  |    |
|--|----|
| Tab. 1. Primjer temperature plamišta i samozapaljenja neke zapaljive tekućine.....     | 6  |
| Tab. 2. Popis vatrogasnih vozila u PVP RNR sa osnovnim karakteristikama.....           | 25 |
| Tab. 3. Prikaz zadovoljavajućih zahtjeva prilikom periodičkog ispitivanja sustava..... | 47 |