

# NESREĆA ISTJECANJA NAFTE TE SIGURNOSNE MJERE I PREVENTIVNE RADNJE

---

**Mlinac, Patrik**

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

**2024**

*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:128:602932>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-31**



**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 REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu

Odjel sigurnosti i zaštite

Stručni diplomski studij Sigurnost i zaštita

Patrik Mlinac

**NESREĆA ISTJECANJA NAFTE TE  
SIGURNOSNE MJERE I PREVENTIVNE  
RADNJE U RAFINERIJU**

DIPLOMSKI RAD

Karlovac, 2024.

Karlovac University of Applied Sciences

Safety and Protection Department

Professional graduate study of Safety and Protection

Patrik Mlinac

**OIL SPILL ACCIDENT AND SAFETY  
MEASURES AND PREVENTIVE ACTIONS IN  
REFINERY**

MASTER THESIS

Karlovac, 2024

Veleučilište u Karlovcu

Odjel sigurnosti i zaštite

Stručni diplomski studij Sigurnost i zaštita

Patrik Mlinac

**NESREĆA ISTJECANJA NAFTE TE  
SIGURNOSNE MJERE I PREVENTIVNE  
RADNJE**

DIPLOMSKI RAD

Mentor: Lidija Jakšić, mag. ing. cheming., pred.

Karlovac, 2024.



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

## **VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**

Stručni prijediplomski / **stručni diplomski studij**: Sigurnost i zaštita

Usmjerenje: Zaštita od požara

Karlovac, 2024.

### **ZADATAK DIPLOMSKOG RADA**

Student: Patrik Mlinac

Matični broj: 0422422010

Naslov: NESREĆA ISTJECANJA NAFTE TE SIGURNOSNE MJERE I PREVENTIVNE RADNJE

Opis zadatka:

U radu će biti prikazani pojmovi vezani uz rafinerijska postrojenja od samih početaka proizvodnih procesa, produkata, načina rada i radnih operacija rafinerije do same zaštite takvih objekata uređajima i opremom predviđenim za to. Radom se pojašnjavaju sredstva zaštite, organizacijske i tehničke mjere načina djelovanja i rada osoba zaduženih za protupožarnu zaštitu, sustave i sisteme te preventivne radnje kako bi spriječili ponavljanje istih vrsta akcidenata.

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datum obrane:

Ožujak, 2024.

Rujan, 2024.

Rujan, 2024.

Mentor:

Lidija Jakšić, mag. ing. cheming., pred.

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

dr. sc. Zvonimir Matusinović, v.pred.

## PREDGOVOR

Svakoj priči jednom dođe kraj, pa tako i ovoj mojoj akademskoj. Iznimna mi je čast bila pisati ovaj diplomski rad, jer to je moga truda i zalaganja djelo.

Htio bih se zahvaliti svojoj mentorici, Lidiji Jakšić, na svakom savjetu i rečenici koje su me pratile tokom njezinih predavanja i akademske godine, te na ukazanom strpljenju i razumijevanju koje mi je bilo od iznimnog značaja prilikom pisanja diplomskog rada, isto tako i završetka studija.

Potom bih se volio zahvaliti, Veleučilištu u Karlovcu na ukazanoj prilici i prenesenom znanju iskustvu i vještinama, svim profesorima i predavačima, stručnim suradnicima i vanjskim djelatnicima, što su moj boravak u Karlovcu učinili jednim lijepim i odgojnim iskustvom. Za potrebe pisanja ovog diplomskog rada korišteno je više izvora od internetskih stranica do knjiga koje sam posudio, te bi ovim putem i zahvalio Nikici Tramontani na ustupljenom štivu, te naputci i mišljenja kao i iskustva više stručnih osoba, kao što je zapovjedništvo JVP Rijeka, Dobrovoljne vatrogasne postrojbe Sušak.

Najveće zahvale ipak idu mojim roditeljima i prijateljima koji su zajedno sa mnom bili svih ovih godina duhom pa neki i tijelom, u Karlovcu sa mnom, te mi davali punu podršku.

I zadnje zahvale idu svim kolegama vatrogascima, koji me cijeli život inspiriraju.

## SAŽETAK

Bez naftne industrije gotovo pa nemoguće bi bilo zamisliti današnjicu kakvu zapravo poznajemo. S porastom broja takvih postrojenja dolazi i do velikog broja zapošljavanja ljudi što bi značilo da uz ljudski faktor pogreške je puno mogućnosti za nastanak opasnih situacija za osobe koja se nalaze u takvoj vrsti postrojenja gdje nije pitanje hoće li se desiti, već kad će se desiti nekakav problem, bio on fatalan ili sitan. Ovaj diplomski rad omogućuje čitatelju da поближе raspozna piramidu rafinerijskog postrojenja od samih početaka proizvodnih procesa, produkata, načina rada i radnih operacija rafinerije do same zaštite takvih objekata uređajima i opremom predviđenim za to. Radom se pojašnjavaju sredstva zaštite, organizacijske i tehničke mjere načina djelovanja i rada osoba zaduženih za protupožarnu zaštitu, sustave i sisteme te preventivne radnje kako bi spriječili ponavljanje istih vrsta akcidenata.

**Ključne riječi:** naftna industrija, rafinerijsko postrojenje, požar, rafinerija, nesreća, sustav zaštite, gašenje požara, zaštitne mjere, uređaji i oprema za zaštitu od požara

## ABSTRACT

Without the oil industry, it would be almost impossible to imagine today as we actually know it. With the increase in the number of such facilities, a large number of people are employed, which would mean that in addition to the human factor of error, there are many opportunities for the emergence of dangerous situations for people who are in this type of facility, where the question is not whether it will happen, but when it will happen problem, be it fatal or minor. This thesis allows the reader to get a closer look at the pyramid of a refinery plant from the very beginnings of production processes, products, working methods and operations of the refinery to the very protection of such facilities with the devices and equipment provided for it. The work explains the means of protection, organizational and technical measures of the way of action and work of persons in charge of fire protection, systems and systems, and preventive actions to prevent the repetition of the same types of accidents.

**Keywords:** oil industry, refinery plant, fire, refinery, accident, protection system, fire extinguishing, protective measures, devices and equipment for fire protection

# SADRŽAJ

<b>ZADATAK DIPLOMSKOG RADA</b> .....	I
PREDGOVOR .....	II
SAŽETAK .....	III
ABSTRACT .....	III
SADRŽAJ .....	IV
<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. PROCESI I OPERATIVNE RADNJE RAFINERIJE</b> .....	2
2.1. Karakteristike rafinerija.....	2
2.2. Povijest nafte .....	2
2.3. Klasifikacija sirove nafte.....	3
2.4. Sastav nafte .....	4
2.4.1. Naftni ugljikovodici .....	4
2.4.2. Ostali spojevi .....	5
2.5. Rafinerija.....	6
2.5.1. Osnovni postupci prerade sirove nafte i proizvodi prerade .....	6
2.5.2. Prosesi koji se odvijaju u rafineriji .....	8
2.5.3. Naftni derivati .....	8
<b>3. BP- HUSKY TOLEDO RAFINERIJA</b> .....	11
<b>4. ISTJECANJE NAFTE I POŽAR U „BP- HUSKY RAFINERIJI“</b> .....	12
4.1. Opće značajke požara u industriji .....	12
4.1.1. Izvori požarnih opasnosti u rafineriji.....	14
4.2. Požari i gašenje klase „B“ .....	17
4.3. Kratak opis i uvod u akcident .....	20
4.3.1. Slikovni opis mjesta akcidenta.....	21



4.3.2. Uzrok nesreće u „BP- Husky Toledo“ rafineriji .....	22
<b>5. ZAŠTITNE MJERE I PREVENTIVNE RADNJE .....</b>	<b>26</b>
5.1. Zaštitne mjere.....	27
5.2. Preventivne zaštitne mjere .....	27
5.3. Aktivna zaštita od požara.....	28
<b>6. UREĐAJI I OPREMA ZA ZAŠTITU OD POŽARA U NAFTNIM INDUSTRIJAMA</b>	<b>31</b>
6.1. Hidrantska mreža.....	32
6.2. Pokretna i prijenosna vatrogasna oprema.....	33
6.3. Stabilne i polustabilne instalacije .....	33
6.4. Sprinkler i drenčer sustavi.....	34
6.4.1. Sprinkler instalacije .....	35
6.4.2 Drenčer instalacije .....	36
6.5. Instalacije za gašenje vodenom parom, ugljik(IV)- oksidom i pjenom .....	37
6.5.1. Instalacije za gašenje vodenom parom .....	37
6.5.2. Instalacije za gašenje ugljik(IV)- oksidom .....	37
6.5.3. Instalacije za gašenje pjenom.....	37
<b>7. TEHNOLOGIJA GAŠENJA I ORGANIZACIJA ZAŠTITE OD POŽARA U</b>	<b>39</b>
<b>RAFINERIJAMA .....</b>	<b>39</b>
7.1. Tehnologija gašenja.....	39
7.2. Organizacija zaštite od požara u rafinerijama .....	40
7.2.1. Dojava požara .....	41
7.2.2. Organizacija gašenja požara .....	42
<b>8. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>44</b>
<b>9. LITERATURA .....</b>	<b>45</b>
<b>10. PRILOZI.....</b>	<b>47</b>

10.1.	Popis slika.....	47
-------	------------------	----

# 1. UVOD

Rafinerijska industrija pripada jednoj od važnijih proizvodnih djelatnosti. Nafta važna sirovina koristi se kao baza za napredak ostalih industrija. Različiti proizvodi dobivaju se preradom nafte te koriste kao gotovi produkti ili kao sirovina za neku drugu granu industrije, što pokazuje značaj same petrokemijske industrije kao i njeno očuvanje kao grane zapošljavanja isto tako i djelatnika, opreme, postrojenja te samog produkta [1]. Zbog značajnih količina raznih zapaljivih materijala, požari u industriji mogu izazvati ozbiljne posljedice. Njihovo djelovanje gotovo uvijek je nepredvidivo. Požari na naftnim postrojenjima posebno su opasni, jer osim što prouzrokuju veliku materijalnu štetu, često dovode i do ekoloških katastrofa nesagledivih razmjera te mogu oduzeti ljudske živote. Industrijsko rafinerijska grana predstavlja niz operacija kojom se tehnički produkti ili proizvodi rafiniraju odnosno pročišćavaju u čiste proizvode (zlato, ulje, šećer, bakar) ili prerađuju (naftna rafinerija) te je neizbježan sastav industrije današnjice kakvu poznajemo. Naftne rafinerije jesu grana industrije u kojima se, sirova nafta nizom operacija preradi u korisne ponovno iskoristive proizvode, odnosno derivati nafte, razlikuju se prema osnovnim proizvodima (loživa ulja, mineralna maziva ulja, osnovne petrokemikalije i motorna goriva) [2]. Osnovna je rafinerija lož ulja, kada sastav produkta odgovara sastavu sirove nafte, iz toga proizlazi glavni posao odjeljivanja frakcija atmosferskom destilacijom, s reformiranjem i hidro obradbom. Uz dizelsko gorivo i benzin najviše se dobiva lako i teško plinsko ulje (lož ulje), a ostatak se po završetku destilacije izravno koristi kao iznimno teško loživo ulje. Kompleksnija je rafinerija motornih goriva, koja uz vakumsku ima i atmosfersku destilaciju, te veliku većinu ostalih postrojenja obrade, posebice hidrokrekiranje, često i katalitičko, reformiranje i obradbu vodikom. Destilacijski ostatci slijede prema koksiranju i lomu viskoznosti, a produkt je i bitumen. Postižući veći prinos motornih goriva s iznimnim udjelom vrijednosti oktanskog, odnosno cetanskoga broja. Rizik od nastanka velikih incidenata predstavlja činjenica da su u takvim postrojenjima prisutne velike količine opasnih tvari koje u pogrešnim uvjetima mogu dovesti do nekontroliranih nesreća sa štetnim utjecajima na ljudsko zdravlje i okoliš [3]. Predmet ovog diplomskog rada je prikazati opasnosti koje se mogu javiti u ovoj industriji te na primjeru nesreće u rafinerijskom postrojenju istaknuti požarne opasnosti u naftnim postrojenjima, kao i propuste koji su do istog doveli, ali i prikazati prijedloge i mjere sigurnosti s ciljem zaštite od nastanka incidenata u naftnim postrojenjima.

## 2. PROCESI I OPERATIVNE RADNJE RAFINERIJE

### 2.1. Karakteristike rafinerija

Naftno petrokemijska industrija u današnjici pripada kategorizaciji značajnijih proizvodnih djelatnosti. Nafta kao sirovina koja služi bazi za razvitak cijelog niza ostalih industrija. Mnogobrojni proizvodi koji se njezinom preradom dobivaju i koriste kao gotovi produkti ili kao sirovina za neku drugu industriju. Preradom nafte njeni proizvodi koriste se kao raznim energentima, za kemijsku industriju ili kao sirovina za sintetsku organsko-kemijsku industriju, petrokemiju. Više je načina podjela rafinerija. Mišljenja se razlikuju ovisno o literaturi no načelno osnovna podjela ovisi o vrsti nafte koja se prerađuje i o asortimanu proizvoda. Osnovna podjela je na: jednostavne i integrirane rafinerije. Jednostavne rafinerije proizvode benzin, dizelsko gorivo i teški ostatak, a integrirane uključuju i razna postrojenja sekundarne obrade i dorade. Rafinerija se dijeli u četiri skupine, ovisno o složenosti tehnološkog procesa: najjednostavniji tip rafinerije (A), složeni tip rafinerije (B), kompleksne rafinerije (C), petrokemijske rafinerije (D). Grupi A pripadaju one rafinerije koje imaju samo atmosfersku destilaciju, katalitički reforming i proces rafinacije. Rafinerije grupe B osim postrojenja koje uključuju grupa A imaju još i postrojenja vakuum destilacije i katalitičkog krekinga. Grupi C čine komplekse rafinerije za proizvodnju cijelog asortimana proizvoda, uključujući i maziva ulja. Postrojenja grupe D imaju i petrokemijska postrojenja kao što su ona za dobivanje aromatskih ugljikovodika [1].

### 2.2. Povijest nafte

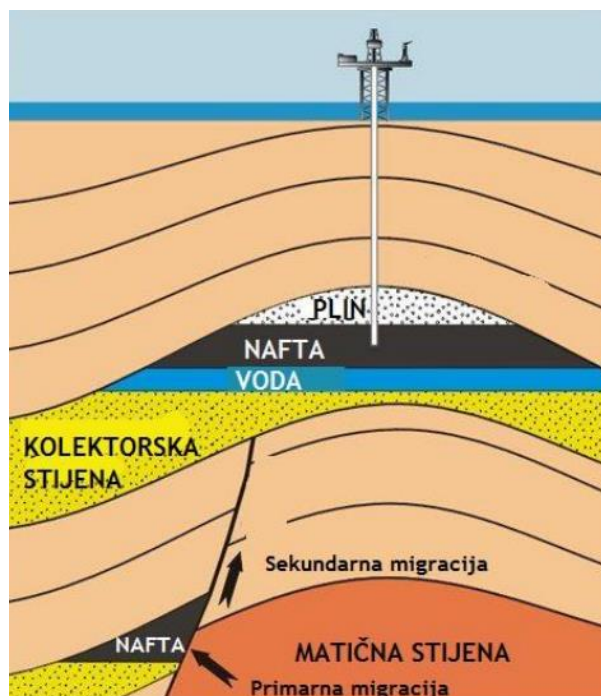
Čovjek naftu poznaje već nekoliko tisuća godina i kroz njenu povijest upotrebljavala se u različite svrhe: medicina, rasvjeta, građevinarstvo, gorivo, ratno sredstvo. Mnogo stoljeća čovjek se koristio samo naftom koju je nalazio u plitkim bunarima ili na površini. Iako se za nju zna odavno, čovjek joj sve do polovice prošlog stoljeća nije pridavao veće značenje. Za početak industrijske proizvodnje nafte uzima se 1859. godina (Pennsylvania- SAD), kada je započela eksploatacija uz pomoć bušotina. Primitivna destilacija nafte u to vrijeme davala je kolomasti i petrolej, a ostali su se derivati bacali jer su se smatrali neupotrebljivima. Naknadno su se počela dobivati mazivna ulja te parafin. Izumom motora s unutrašnjim izgaranjem 1877. godine (Otto) i motora na pogon plinskim uljem 1879. godine (Diesel), potrošnja novih naftnih derivata je porasla (plinsko ulje i benzin), čemu je uzrok bio razboj naftne tehnologije. Uz procese destilacije uvode se u naftnu tehnologiju i procesi ekstrakcije mazivnih ulja te termički kreking. Porastom razvoja

automobilske industrije nakon prvog svjetskog rata i zrakoplovstva pred drugi svjetski rat ostvario se povod i potreba za razvojem mnogih drugih tehnologija za proizvodnju motornog i avionskog benzina. Tako između perioda dva svjetska rata uvodi se proces termičkog reforminga, termička polimerizacija, katalitička polimerizacija, proces alkilacije te katalitički kreking s nepokretnim katalizatorom. Tokom rata 1942. godine pronađen je i proces izomerizacije pentana i heksana, a poslije rata 1949. godine i proces katalitičkog reforminga (platina kao katalizator) za dobivanje motornih benzina iznimno zadovoljavajućih svojstava. Kasnije doba dovelo je do razvitka na planu dobivanja motornih benzina i dizelskog goriva, pa i baznog benzina i plinovitih ugljikovodika kao sirovine za petrokemijsku industriju. Nadalje razvio se proces alkilacije, katalitičkog krekinga s fluidiziranim slojem, hidro krekinga i katalitičkog reforminga s kontinuiranom regeneracijom katalizatora. Pri tome za istaknuti je da razvoj nikada nije stao već se kroz godine i dalje pronalaze nove tehnologije za vrednovanje sve skuplje nafte [1].

### 2.3. Klasifikacija sirove nafte

Nafta je smeđozelenocrna tekućina. Po svojoj složenoj kemijskoj formi smjesa je od nekoliko tisuća raznih ugljiko-vodikovih spojeva, međusobna im je razlika po načinu međusobnog vezanja ugljikovih atoma, te zasićenosti vodikom. Uz ugljike i vodike prate ih sumpor dušik i kisik u nafti. Sama vrijednost u prvom redu nafte ovisi o sadržaju laganih frakcija (benzin, plinsko ulje, petrolej) i posebno o vrijednostima sumpora. Više lakših frakcija i manje sumpora, ona je skuplja. Kako bi prerađivači imali jasnu sliku o kvaliteti pojedinih vrsta nafte, potrebno ju je klasificirati jer svaka vrsta zahtjeva i posebne postupke prerade nafte. Do danas ne postoji savršeni stupanj klasifikacije ali se najčešće upotrebljava UOP faktor karakterizacije koja prati funkciju promjene temperature vrenja i relativne gustoće, klasifikacija nafte na osnovi gustoće izražene u stupnjevima, sadržaja sumpora, temperature tečenja i koksog broja. Uglavnom sastav nafte čine ugljikovodici koji su parafinske, aromatske, i naftne strukture. Parafinski ugljikovodici (alkani) zasićeni su lančasti ugljikovodici, kojima sadržaj u različitim vrstama nafte varira. U istoj vrsti sadržaj im je veći u laganijima, a manji u težim frakcijama, Najviše parafina ima u benzinskoj frakciji i frakciji plinskog ulja. Nafni ugljikovodici (cikloparafini) zasićeni su koji sadrže jedan ili više prstena. Oni jesu stabilni ugljikovodici i jednako kao i parafin koji se nalazi u laganijim frakcijama. Aromatski ugljikovodici su prstenastog oblika. U benzinskim frakcijama maseni udio im je oko 10%, te se u frakcijama mazivnog ulja i plinskog ulja do 30% i više [1]. Nafta se sastoji od mješavine različitih alkana, cikloalkana, ugljikovodika i aromatskih spojeva, a također sadrži

organske spojeve dušika i kisika, kao i sumpor, te u vrlo malim količinama iznimno teške metale. Sirove nafte značajno se razlikuju po svojim svojstvima, ovisno o podrijetlu i sastavu. Postoje parafinske, naftenske, aromatske i miješane nafte. Nafta se dobiva iz ležišta koja su nastala dugotrajnim taloženjem organskih tvari, sastavnih dijelova živih bića, a djelovanjem temperature, tlaka i drugih čimbenika formiraju se različiti ugljikovodici koji čine komponente nafte. Nafta se stvara u takvim ležištima, poznatim kao matične stijene, a zatim migrira u propusne kolektorske stijene. U nalazištima nafte uvijek se može pronaći mješavina vode, nafte i prirodnog plina (Slika 1.) [4].



Slika 1. Migracija unutar ležišta nafte [4]

## 2.4. Sastav nafte

### 2.4.1. Naftni ugljikovodici

Prema procjenama, nafta sadrži otprilike tri tisuće različitih spojeva ugljikovodika, pri čemu je veći dio tih spojeva prisutan u vrlo malim udjelima, a neki čak i samo u tragovima. Sadržaj ugljikovodika u nafti varira od 50 do 98 % mase. Benzinske frakcije nafte uglavnom se sastoje od nižih ugljikovodika, dok su destilacijski ostatci visokog vrelišta siromašniji ugljikovodicima s manjom molekularnom masom. Raznolikost naftnih ugljikovodika rezultat je postojanja velikog

broja izomera organskih spojeva, posebno alkana velikih molekularnih masa. Sastav nafte prikazuje se udjelom najvažnijih skupina ugljikovodika: parafina (alkana), cikloparafina (naftena, cikloalkana) i aromatskih ugljikovodika. Alkani,  $C_nH_{2n+2}$ , osnovni su sastojci svih nafta i prisutni su u širokom rasponu od 15 do 60 % mase. Alkani mogu biti: - normalni (ravnolančani) alkani, - izoalkani i - granati alkani. Cikloalkani,  $C_nH_{2n}$ , najzastupljeniji su ugljikovodici u nafti, čineći 25 do 75 % mase. Prisutni su u svim vrstama nafte i njihovim derivatima, zbog čega se nazivaju naftenima. Mogu biti monociklički, pri čemu su najčešći ciklopentan i cikloheksan, zatim biciklički i kondenzirani (poput dekalina, adamantana i drugih). Aromatski ugljikovodici čine 10-20 % mase u nafti, dok u aromatskim naftama taj udio može doseći i do 35 % mase. Najvažniji i najzastupljeniji aromati u nafti uključuju benzen, toluen, ksilene, etil-benzen, naftalen, a u manjim količinama prisutni su antracen, fenantren, piren i njihovi alkilni derivati [4].

#### 2.4.2. Ostali spojevi

Sumporni spojevi u nafti prisutni su u masenim udjelima od 0,1 do 3,0 % mas. sumpora. U nafti su identificirani različiti sumporni spojevi, uključujući merkaptane, alkilsulfide, cikličke sulfide, tiole i sulfide. Ovi sumporni spojevi su vrlo nepoželjni u frakcijama nafte jer su izrazito korozivni i djeluju kao katalitički otrovi, smanjujući učinkovitost katalizatora u procesima. Neki od sumpornih spojeva su toplinski nestabilni i tijekom prerade nafte razgrađuju se, pri čemu nastaju sumporovodik i drugi jednostavniji sulfidi. Kada se gorivo s visokim udjelom sumpora sagorijeva, stvaraju se kiseli plinovi koji su štetni za okoliš, stoga se nastoji smanjiti koncentracija sumpora ne samo u frakcijama nafte tijekom prerade, već i u gotovim rafinerijskim proizvodima. Dušikovi spojevi u nafti prisutni su s masenim udjelom dušika od oko 0,1 %, dok udjel dušikovitih spojeva iznosi 2-3 % mas. Dušikovi spojevi mogu biti bazični ili neutralni. Bazični dušikovi spojevi čine do 30 % mase dušikovitih spojeva, dok neutralni spojevi mogu činiti i do 80 % mase. Svi dušikovi spojevi su toplinski vrlo stabilni, pa se pri destilaciji nafte koncentriraju u višim frakcijama i destilacijskim ostacima. Sadržaj dušika u većini glavnih naftnih proizvoda često je nizak i ne utječe na njihova svojstva korištenja. Udio (% mase) skupina ugljikovodika uključuje: - Alkani: 15-60 - Cikloalkani: 30-60 - Aromati: 3-30 - Asfalteni: ostatak. Kisikovi spojevi prisutni su u nafti s masenim udjelom kisika oko 0,1 %, odnosno s udjelom kisikovih spojeva od 2-3 % (karboksilne kiseline, fenoli i krezoli, te esteri i ketoni). Karboksilne kiseline, pri povišenim temperaturama u prisutnosti vode, mogu s metalima stvarati soli, što može uzrokovati koroziju na metalnim dijelovima postrojenja i uređaja. Viši sadržaj kiselina u frakcijama nafte može biti

problematičan kada je sirovina naftenskih karakteristika nafte često uzrokuju poteškoće u njenoj preradbi. Osobito je problematičan sadržaj kisika u frakcijama koje se koriste kao maziva ulja. Metalni spojevi prisutni su u nafti u vrlo malim koncentracijama, s masenim udjelima od 0,02 do 0,03 %. Iako su prisutni u minimalnim količinama, metali nisu poželjni u procesima preradbe nafte jer djeluju kao katalitički otrovi, a pri povišenim temperaturama natrijevi i magnezijevi kloridi mogu stvoriti vrlo korozivnu klorovodičnu kiselinu. Tijekom procesa desulfurizacije, metali se uklanjaju, a njihov sadržaj može se smanjiti i do deset puta. [4].

## 2.5. Rafinerija

Rafinerije nafte predstavljaju složena industrijska postrojenja koja se bave preradom sirove nafte s ciljem proizvodnje komercijalnih proizvoda visoke kvalitete. Složenost i prilagodljivost procesa preradbe nafte u određenoj rafineriji u velikoj mjeri ovise o sastavu nafte, potrebama tržišta i ekonomičnosti prerade. Povećanjem udjela vrijednijih proizvoda, poput motornih goriva i maziva, raste i ekonomičnost preradbe nafte. Proces preradbe nafte uključuje uklanjanje mehaničkih i drugih nečistoća iz nafte, izdvajanje pojedinih frakcija i rafinata, kao i daljnju obradu tih rafinata u komercijalne proizvode [1].

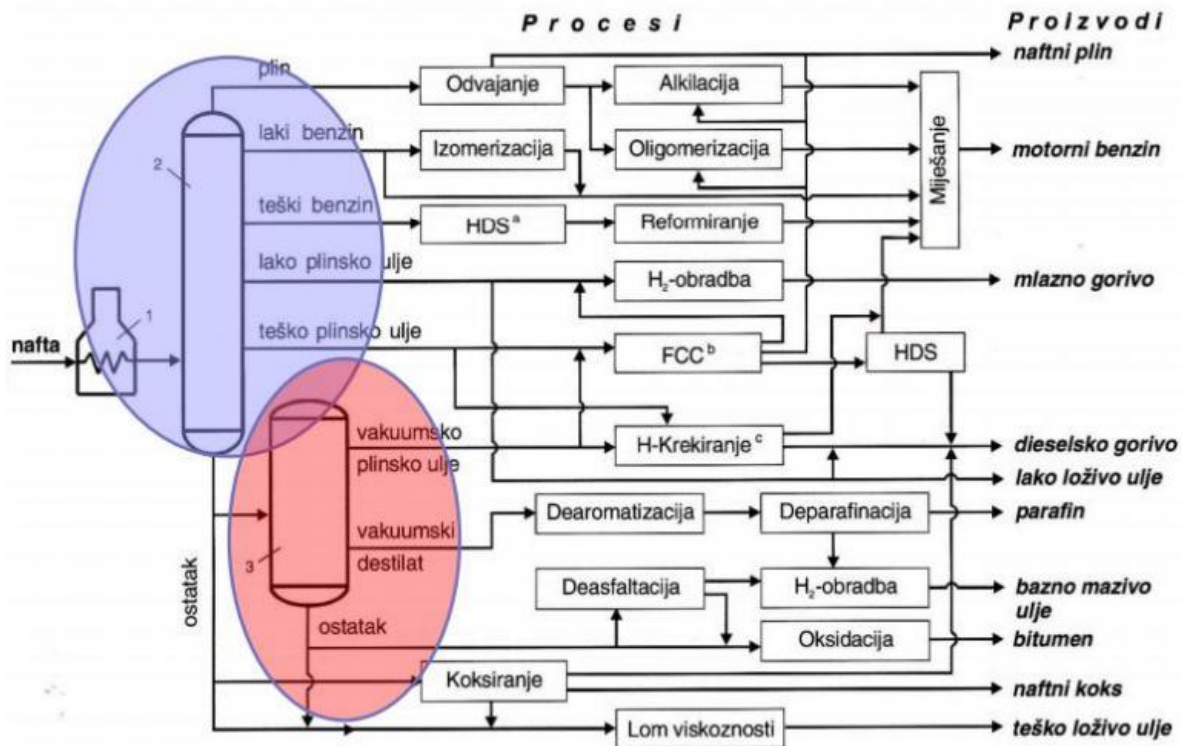
### 2.5.1. Osnovni postupci prerade sirove nafte i proizvodi prerade

Svi procesi prerade nafte (Slika 2.) mogu se podijeliti u sljedeće kategorije:

- a) procesi odvajanja (separacijski procesi),
- b) procesi pretvorbe (konverzijski procesi),
- c) procesi obradbe (procesu čišćenja) [5].

Procesi odvajanja su oni procesi u kojima se frakcije nafte razdvajaju prema njihovim fizikalnim svojstvima, bez promjene strukture prisutnih ugljikovodika. Ovi procesi se koriste ne samo za dobivanje primarnih frakcija, već i za dobivanje sekundarnih frakcija nakon termičke i katalitičke prerade primarnih frakcija nafte. Provedba separacijskih procesa moguća je zbog razlika u fizikalnim svojstvima sastojaka nafte, prvenstveno zbog različitih vrelišta pojedinih komponenata. Procesu odvajanja uključuju atmosfersku i vakumsku destilaciju, kao i ekstraktivnu, azeotropnu destilaciju, destilaciju vodenom parom, te metode poput apsorpcije, adsorpcije, desorpcije, ekstrakcije i kristalizacije [5].





Slika 2. Shematski prikaz osnovnih rafinerijskih procesa [6]

Procesi pretvorbe i obradbe spadaju u sekundarne procese koji se provode s ciljem povećanja iskorištenja sirovina u proizvodnji vrjednijih proizvoda. Iskorištenje se može povećati i do 35%. Osim toga, nastoji se poboljšati kvaliteta primarnih destilata, kao što su povećanje oktanskog broja benzina, cetanskog broja dizelskog goriva, poboljšanje toplinske postojanosti proizvoda, smanjenje staništa te smanjenje udjela sumporovih i dušikovih spojeva u konačnom proizvodu. Procesi pretvorbe uključuju promjenu veličine i strukture ugljikovodika, dok procesi obradbe, odnosno čišćenja, imaju za cilj poboljšanje svojstava većine naftnih međuproizvoda i gotovih proizvoda. Najčešće se provodi uklanjanje tehnološki i ekološki štetnih sumporovih, dušikovih i kisikovih spojeva [5]. Svrha prerade nafte je daljnja proizvodnja derivata određenih svojstava koji služe kao goriva i maziva u suvremenoj tehnologiji, odnosno kao sirovina u petrokemijskoj industriji, te usputni produkti koji se upotrebljavaju u proizvodnji detergenata, sumpora, amonijaka i raznih drugih proizvoda. Produkte rafinerijske prerade nafte možemo podijeliti na: motorni benzin, tekući plin, dizelsko gorivo, motorna ulja, bitumen, parafin, lož ulje, koks, masti, bazni benzin kao sirovina za daljnju preradu, usputni produkti za dobivanje detergenata, amonijaka, sumpora i različitih drugih proizvoda [5].

### 2.5.2. Prosesi koji se odvijaju u rafineriji

Kako bi pomnije razumjeli sam proces operativnog rada rafinerije, te kako bi ovaj slučaj mogao biti razrađen potrebno je obraditi i neke osnovne operativne radnje poput destilacije. Prvi korak u postupku prerade nafte je proces koji se naziva destilacija. Cilj ovog procesa je izdvajanje (separacija) ugljikovodika iz sirove nafte u različite frakcije nafte, temeljem njihove točke vrelišta. Separacija se odvija u velikim tornjevima pod atmosferskim pritiskom, a ti tornjevi sadrže brojne plitke posude u kojima se miješaju ugljikovodični plinovi i tekućine. Nakon toga, tekućina izlazi iz tornja, dok plinovi ostaju unutar njega. Lakše tvari, poput butana i nafte, uklanjaju se iz gornjeg dijela tornja, dok se teže tvari, kao što su ostaci tekućina, ispuštaju iz donjeg dijela. Alkilacija predstavlja sekundarni proces prerade nafte koji omogućava proizvodnju najkvalitetnijeg benzina. Ovaj proces temelji se na katalitičkoj reakciji izobutana s laganim olefinima (propanom, butanom). Alkilat je najkvalitetnija komponenta koja se koristi za proizvodnju benzina. Hidrodesulfurizacija je najzastupljeniji proces u preradi nafte. Hidrodesulfurizacija je najčešće korišten proces u preradi nafte. Ovim procesom se poboljšava kemijska stabilnost kreking benzina. Vodik potreban za hidrodesulfurizaciju dobiva se iz postrojenja katalitičkog reforminga. Na kvalitetu ovog procesa utječu različiti faktori, uključujući temperaturu, tlak, udio vodika i prostornu brzinu. Izomerizacija je proces koji se koristi kada je potrebno povećati oktanski broj benzina. Osim za tu svrhu, koristi se i za pripremu sirovine za proces alkilacije. Ovaj postupak temelji se na promjeni strukture molekula ugljika, pri čemu molekularna masa ostaje nepromijenjena. Također, potrebno je obraditi katalitički reforming. Ako se želi povećati oktanski broj benzina dobivenog procesom atmosferske destilacije, primjenjuje se katalitički reforming. Međutim, prije toga potrebno je ukloniti sumporne spojeve i metale iz postojeće grupe, jer su oni štetni, a to se postiže postupkom hidrodesulfurizacije. Tlak, temperatura i udio vodika predstavljaju ključne parametre, a „proces blending“ se koristi u rafinaciji petroleja, benzina i dizelskog goriva. Ovaj proces uključuje kombiniranje različitih frakcija nafte s ciljem dobivanja konačnih proizvoda. Također se naziva slađenje, jer se korozivni merkaptanski sumpor pretvara u nekorozivne disulfide. Za uspješan tijek procesa potrebno je poznavanje svih komponenti uključenih u postupak, a to znanje je razvijeno putem računalnih modela i simulacija. [7].

### 2.5.3. Naftni derivati

Sada kad smo upoznati sa samim procesima rafinerijskog sustava i načinima rada, vrijeme je da i objasnimo neke od osnovnih naftnih derivata i njihove karakteristike. Nafta predstavlja

ključni izvor tvari za više od polovice organske kemije. Naftni derivati su proizvodi koji nastaju rafinerijskom obradom nafte, a najčešće se radi o proizvodima atmosferske i vakuumske frakcijske destilacije. Ovi proizvodi mogu se izravno koristiti kao gorivo ili kao sirovine za proizvodnju raznih organskih spojeva. Najvažnije skupine naftnih derivata uključuju naftni plin, petroleter (ligroin), motorni benzin, dizelsko gorivo, mlazno gorivo (kerozin), petrolej (za mlazne motore), loživo ulje (lako i teško /mazut/), bazno mazivo ulje, bitumen, naftni koks, parafin (vosak), te olefinske i aromatske ugljikovodike koji služe kao petrokemijske sirovine, posebno etilen, propilen, benzen, toluen i ksilene. Pogonska goriva za motore s unutarnjim izgaranjem (benzin, dizel, lož ulje) obojena su različitim bojama radi lakšeg prepoznavanja, budući da bi ih ljudsko oko i njih teško razlikovali. Također, provode se zakonske kontrole u vozilima na carinama i tijekom preventivnih inspekcija. Ove boje imaju svoj karakterističan miris, a ne štete motoru. Benzin ima intenzivan i lako prepoznatljiv miris zbog boje i hlapljivosti, dok dizel ima znatno slabiji miris. Tekući plin, koji je najlakši derivat nafte, sastoji se od mješavine propana i butana. Da bi se uklonili korozivni sumporni spojevi, mora se rafinirati, a tako obrađen može se plasirati na tržište. Benzin se koristi kao pogonsko gorivo u većini motornih vozila i proizvodi se u dvije gradacije: normalni benzin s 86-88 oktana i super benzin s 95-100 oktana. Oktanski broj predstavlja mjernu jedinicu za antidetonatorska svojstva benzina. Da bi se povećao oktanski broj, dodaju se spojevi olova, poput tetraetil olova i tetrametil olova. U proizvodnji dizelskog goriva koriste se petrolej i dijelovi lakog plinskog ulja, koji se destiliraju na temperaturama između 170° i 360 °C. Pored temperaturne filtrabilnosti, važan je i maseni udio ukupnog sumpora, koji ne smije prelaziti 1,0 % zbog mogućeg korozivnog djelovanja. Cetanski broj i dizel indeks mjere sposobnost paljenja dizelskog goriva. Mlazno gorivo je smjesa teškog benzina i petroleja, odnosno naftnih spojeva koji se destiliraju na temperaturama od 145° do 225 °C. S obzirom na to da mlažnjaci, koji lete na velikim visinama gdje su prisutne izrazito niske temperature, koriste ovu vrstu goriva, važno je osigurati temperaturu zamrzavanja ispod -55 °C. Ulja se koriste u razne svrhe, a njihova osnovna funkcija uključuje podmazivanje motora, smanjenje potrošnje goriva, hlađenje i brtvljenje motora, te sprečavanje korozije. Indeks viskoznosti ovih ulja je vrlo visok zbog specifičnih radnih uvjeta, a također je i kriterij prema kojem se ulja klasificiraju. Bitumen, koji je derivat nafte, dobiva se oksidacijom vakuumskih ostataka nafte. Njegova važna svojstva uključuju elastičnost, penetraciju, temperaturu mekšanja i rastezljivost. Svojstva bitumena ovise o stupnju disperzije asfaltina u maltenima. Bitumen se koristi u cestogradnji i industriji. Parafin se

dobiva iz uljnih destilata, a što je sadržaj ulja manji, to je parafin kvalitetniji. Koristi se u prehrambenoj industriji, kao i u proizvodnji šibica, svijeća i slično. Za proizvodnju loživog ulja koriste se nusprodukti iz prerade nafte. Ključni uvjeti koje treba zadovoljiti su viskoznost i sadržaj sumpora. Ova vrsta ulja se također koristi kao gorivo u energetske sektoru. Nažalost, jedan od ranije spomenutih derivata bio je uzrok katastrofe koja je pogodila rafineriju BP-Husky Toledo, a koja je, nažalost, odnijela dva života. U sljedećem poglavlju bit će predstavljen kratak pregled događaja koji su doveli do nesreće u rafineriji BP-Husky Toledo, uz sliku samog postrojenja, a zatim će biti riječi o opasnim tvarima i općim karakteristikama industrije koje su sastavni dio procesa rafinerije [7].

### 3. BP- HUSKY TOLEDO RAFINERIJA

Sama rafinerija BP- Husky Toledo (Slika 3.) locirana je u gradu Toledo u Oregonu, Ohio, te je jedna od starijih operativnih rafinerija još od davne 1919. godine [8]. Rafinerija u svom prosječnom radnom danu proizvede oko 160,000 barela sirove nafte iz koje kasnije proizlaze benzin, dizel, mlazno gorivo, propan, asfalt te ostale čovječanstvu vrijedne sirovine [9]. Podatak koji je iznimno važan za ovu rafineriju je taj da je rafinerija u 2022. godini zaposlila 588 zaposlenika. Nadalje, godine 2008. BP- Husky rafinerija je otkupljena te nastavlja s radom kao podružnica i opskrbljivanjem polu/gotovih proizvoda [10]. U 2021. godini „Cenovus energy inc.“ Započeo je suradnju sa Husky Toledo rafinerijom, te tokom naredne dvije godine rafinerija je s novim nazivom „Ohio Refining company LLC“ stekla potpuno vlasništvo nad kompanijom te potpunu vlast nad proizvodnjom i operativnim radnjama procesa [11].



Slika 3. BP- Husky Toledo Refinery [4]

## **4. ISTJECANJE NAFTE I POŽAR U „BP- HUSKY RAFINERIJU“**

### **4.1. Opće značajke požara u industriji**

Požar se definira kao „nekontrolirano gorenje koje uzrokuje materijalnu štetu ili prijeti ljudskim životima“, čime se razlikuje od vatre. S aspekta vatrogastva, požari se klasificiraju prema fazama razvoja, veličini, mjestu nastanka i vrsti gorivih tvari. Europska klasifikacija dijeli požare prema vrsti gorivih tvari u pet klasa:

- KLASA A: požari čvrstih materijala koji sagorijevaju plamenom i žarom, npr. drvo, papir i slični materijali,
- KLASA B: požari zapaljivih tekućina koje se ne miješaju s vodom, npr. derivati nafte, rastvarači, boje, lakovi, masti itd.,
- KLASA C: požari gorivih plinova, npr. metan, propan, butan, acetilen itd.,
- KLASA D: požari lakih metala, npr. aluminij, magnezij i njihove legure,
- KLASA F: požari biljnih i životinjskih ulja i masnoća [12].

Požar se sastoji od tri faze: početne faze, razbuktnale faze i faze gašenja. Početna faza karakterizira se slabim intenzitetom gorenja, a u toj fazi požar se širi polako. U razbuktnaloj fazi intenzitet gorenja doseže svoj maksimum, a širenje požara u ovoj fazi je najbrže. Također, u razbuktnaloj fazi javljaju se najviše temperature, a sav gorivi materijal biva zahvaćen plamenom. Na kraju, faza gašenja požara predstavlja stadij u kojem se količina gorivog materijala smanjuje, što dovodi do postupnog gašenja požara zbog nedostatka goriva. Intenzitet požara varira u svakoj fazi, no u suštini se sve svodi na proces gorenja, odnosno na reakciju gorive tvari s oksidansom (kisikom iz zraka), uz pojavu svjetlosti, topline i dima. Brzina razvoja požara ovisi o različitim faktorima, a svaki požar je jedinstven u pogledu brzine širenja i nastale štete. Da bismo razumjeli pojmovne aspekte požara, važno je upoznati se s određenim zakonodavnim terminima. U Republici Hrvatskoj referentan je Zakon o zaštiti od požara (NN 92/2010, 114/22) u čijem članku 2. [13] stoji sljedeće: Požar predstavlja održavajući proces gorenja koji se širi nekontrolirano u prostoru. Gorenje je brza kemijska reakcija između neke tvari i oksidansa, najčešće kisika iz zraka, pri čemu nastaju produkti gorenja, a oslobađaju se toplina, plamen i svjetlost. Tehnološka eksplozija označava naglo širenje plinova uslijed gorenja ili druge kemijske reakcije. Požarni rizik

odnosi se na vjerojatnost pojave požara u određenim procesima ili stanjima. Ugroženost od požara predstavlja potencijalnu opasnost za zdravlje ili život ljudi te materijalna dobra. Otpornost na požar je sposobnost dijela građevine da tijekom određenog vremena zadovoljava zahtjeve nosivosti (R), cjelovitosti (E), toplinske izolacije (I) ili drugih očekivanih svojstava, kako je propisano normom o ispitivanju otpornosti na požar. Reakcija na požar odnosi se na doprinos materijala razvoju požara uslijed vlastite razgradnje koja nastaje izlaganjem tog materijala određenim ispitnim uvjetima. Neposredna opasnost predstavlja stanje visokog rizika od požara, koje može dovesti do izbijanja požara u bliskoj budućnosti. Evakuacijski put iz zgrade je posebno osmišljen i izveden put koji vodi od bilo koje točke unutar zgrade do vanjskog prostora ili sigurnog područja unutar zgrade. Ove značajke (otpornost i reakcija na požar, širina, visina, označavanje, protu panična rasvjeta i slično) omogućuju osobama koje se zateknu u požaru da sigurno napuste zgradu, bilo samostalno ili uz pomoć spasitelja. Požar može biti klasificiran kao mali, srednji, veliki ili katastrofalan. Mali požar obuhvaća manju količinu gorivih tvari. Ako se takav požar pravovremeno uoči, može se ugasiti pomoću priručnih sredstava ili ručnog vatrogasnog aparata. Srednji požar obuhvaća jednu ili više prostorija unutar zgrade ili veću količinu gorivih tvari, a za njegovo gašenje dovoljna je manja vatrogasna postrojba s odgovarajućom opremom. U velikom požaru može gorjeti krov, tavan, kat ili podrum veće građevine, ili se može raditi o većoj količini goriva na otvorenom, kao što su velika skladišta, požar razlivenog tekućeg goriva, ili veliki poljski i šumski požari. Ovu vrstu požara gasi veća vatrogasna postrojba s dodatnom opremom. Katastrofalni požar je onaj koji zahvaća više građevina ili cijela naselja, ili velika šumska područja, skladišta ili postrojenja na otvorenom. Njegovo gašenje zahtijeva angažman više vatrogasnih postrojbi, često uz podršku vojnih postrojbi i postrojbi civilne zaštite, a ponekad i mobilizaciju lokalnog stanovništva. Koordinirano gašenje katastrofalnog požara može trajati nekoliko dana, pa čak i tjedana. Prema mjestu nastanka, požar može biti unutarnji ili vanjski. Unutarnji požar se razvija u zatvorenim prostorima, unutar jedne ili više prostorija u građevini, a može se pretvoriti u vanjski požar ako vatra probije pregrade požarnog sektora uslijed rušenja, eksplozije ili na neki drugi način. U vanjskom požaru mogu izgorjeti vanjski dijelovi objekta, a također se može raditi o šumskom ili poljskom požaru, požaru otvorenih skladišta, prijevoznih sredstava ili zapaljivih tekućina na otvorenom i sličnim situacijama. „Spašavanje ljudi iz građevina koje su ugrožene požarom predstavlja osnovnu i najvažniju zadaću vatrogasnih postrojbi. U takvim situacijama uvijek se može očekivati pojava otrovnih para i plinova, iznenadno urušavanje građevina,

propadanje ljudi kroz nastale otvore, zatrpavanje prolaza, nestanak svjetla, kao i visoke temperature, eksplozije opasnih tvari, para lakozapaljivih tekućina, plinova i prašine. Tijekom ovog procesa razvija se velika količina topline koja se prenosi na susjedne zapaljive materijale i doprinosi širenju požara. Dim također značajno utječe na stvaranje panike među ugroženim osobama. Evakuacija se definira kao organizirano izlaženje ljudi iz ugroženih građevina ili opasnih područja. Glavni putovi evakuacije uključuju hodnike, glavno stubište, predvorje i glavni izlaz iz zgrade prema slobodnom vanjskom prostoru, dok su pomoćni putovi sporedno stubište i dizala. Zbog rizika od nestanka struje, pomoćni putovi se koriste samo u iznimnim situacijama. Izlaz u slučaju opasnosti predstavlja svaki put koji vodi iz ugroženih prostorija na sigurno mjesto. Požari se razlikuju prema vrstama gorivih tvari, a to uključuje požare u kojima izgaraju čvrste organske tvari, zapaljive tekućine, plinovi i laki metali, kao i požare uzrokovane ili u prisutnosti električne struje. Prema tome, razlikuju se i sredstva te metode gašenja. Za daljnju detaljnu obradu teme požara BP- Husky Toledo, potrebno je objasniti i obraditi cjelinu zapaljivih tekućina, odnosno požarni razred „B“, uključujući njegove osnovne karakteristike, pojmove i sredstva za gašenje [12, 13].

#### 4.1.1. Izvori požarnih opasnosti u rafineriji

Industrijski požari i eksplozije svake godine uzrokuju gubitke u milijardama dolara za tvrtke i vlade, a ne smijemo zaboraviti ni ljudske živote koji se ne mogu procijeniti novcem. Ove katastrofe nastaju iz različitih razloga, često zbog toga što menadžeri i zaposlenici nisu svjesni rizika koji ih svakodnevno okružuju na radnom mjestu. U literaturi se ističe pet najčešćih uzroka industrijskih požara i eksplozija, koji će biti detaljno obrađeni u nastavku rada [14]. U jednoj od budućih situacija požara, nesreće će najvjerojatnije biti uzrokovane izlijevanjem ugljikovodika, što može rezultirati zapaljenim lokvama, mlaznim plamenom, BLEVE (uzrokovane eksplozijom pare iz kipuće tekućine), VCE (uzrokovane eksplozijama parnog oblaka relevantnim za naš slučaj) i flash požari [14]. Flash požari i VCE najčešći su tipovi požara u offshore naftnoj industriji, budući da je curenje plina najčešći način ispuštanja ugljikovodika, što često dovodi do ovih vrsta požara [14]. Zapaljena lokva može nastati kada ukapljeno gorivo izlazi iz cjevovoda ili spremnika, a temperatura okoline nije dovoljno visoka da bi se cijela izbačena tekućina isparila. U tom slučaju, tekućina se skuplja i stvara lokvu na tlu koja se može zapaliti plamenom ili iskrom. Zapaljene lokve su češće kada gorivo sadrži veći broj ugljika, jer tada ima višu točku paljenja i veće su šanse da će stvoriti lokvu na tlu. Primjer goriva koje vjerojatno može stvoriti lokvu je dizelski kerozin.



Ako je promjer lokve veći od 1 metra, plamen će obično biti turbulentan i optički gust. Optički gusti plamen oslobađa veće količine zračenja u usporedbi s optički tankim plamenom. Zračenje iz zapaljene lokve s ugljikovodicima većinom dolazi od užarene čađe u vatri. U slučaju velikih promjera ugljikovodičnih ložišta koja proizvode čađu, mogu se osloboditi značajne količine čađe. Neizgorena čađa može pobjeći iz plamena i stvoriti film oko njega, što donekle ograničava zračenje na vanjske strukture. Zatvoreno izlijevanje goriva rezultira manjom površinom lokve, a time i dubljim lokvama, što produžava trajanje požara za bilo koju količinu prolivenog goriva. S druge strane, razlivena goriva ukazuju na znatno veće površine gorućih područja, što može olakšati širenje vatre. Mlazni plamen nastaje kada gorivo pod visokim tlakom, obično u obliku plina ili pare, izlazi kroz sigurnosni ventil ili pukotinu na cijevi/posudi koja ga sadrži i na neki način se zapali. Ovi požari karakteriziraju se vrlo visokom brzinom otpuštanja topline. Velika količina goriva brzo se miješa s zrakom, što dovodi do toga da plin ubrzo dostigne granicu zapaljivosti i postane spreman za izgaranje. Takvi požari imaju izrazito visok konvektivni prijenos topline zbog velike brzine plina unutar plamena. Domino-efekt zabilježen je u 50 % slučajeva [14] kada je došlo do slučajnog mlaznog plamena, što može izazvati dodatne požare ili druge nesreće. Sustav s najvišom stopom otkazivanja je sustav kompresije plina. Visoke radne temperature i vibracije značajno utječu na osjetljive dijelove opreme, poput brtvi, instrumenata i cjevovoda s malim promjerom. Najveća stopa curenja zabilježena je u izvozu nafte i goriva. Ovi sustavi također mogu uzrokovati značajne i opasne mlazne požare. Dvofazni mlazni plamen nastaje kada se smjesa tekućina i plina (najčešće sirova nafta ili plin otopljen u tekućini) ispušta kroz malu rupu i pali. Međutim, ovaj proces ne funkcionira na isti način kao kod mlaznog plamena plina. Tekućine se moraju ispariti u zapaljive plinove prije nego što dođe do paljenja. U slučaju mješavine plina i tekućina, plin pomaže u isparavanju tekućine razbijajući je na male kapljice i isparavajući ih pri velikoj brzini. Toplina od već zapaljenog plina obično je dovoljna za stvaranje zapaljivog plina iz tekućine. Tekućine pod pritiskom mogu se ponašati dvofazno ako je temperatura okoline iznad točke vrenja. U tom slučaju, oslobođena tekućina brzo isparava i zapali se. Za tekućine s visokim vrelištem malo je vjerojatno da će doći do stvaranja dvofaznog mlaznog plamena, osim ako ih ne podržava drugi plamen ili izvor topline. Brzina izgaranja u mlaznom plamenu bit će otprilike jednaka brzini ispuštanja goriva. Na offshore platformama, plin se često skladišti pod visokim tlakom, što rezultira vrlo velikom brzinom ispuštanja. Plin u blizini izlaza imat će izuzetno visoku brzinu i nastavit će stvarati plavi plamen s malim zračenjem, dok će se više zraka miješati s

gorivom pri nižim brzinama, stvarajući žuti plamen s većim zračenjem. Stabilnost plamena zavisi od dimenzija otvora, vrste goriva i geometrije okoline. Veličina plamena će se prilagoditi brzini ispuštanja mase. U slučaju ispuštanja plina, brzina ispuštanja će uglavnom biti određena veličinom otvora i tlakom unutar skladišta. Požari s VCE (vremenski kontroliranim eksplozijama) i flash eksplozije nastaju kada se izvor energije naglo oslobodi, stvarajući eksplozijski val. Često je energija prisutna u obliku brzog izgaranja. Da bi došlo do eksplozije, prvo je potrebno osloboditi zapaljive plinove. Ako se ovo oslobađanje dogodi prerano, rezultat može biti mlazni plamen ili vatrena kugla. S druge strane, ako plin formira veliki oblak, može doći do paljenja uzrokovanog brzim plamenim frontom, što znači da plinovi izgaraju od izvora paljenja prema van. Ova plamena fronta generira eksplozijski val, a brža plamena fronta stvara snažniji val. Ako u oblaku zapaljivog plina nema dovoljno oksidansa ili zapaljivog plina, eksplozija se neće dogoditi. Flash požari se smatraju događajima koji traju najviše 3 sekunde, a mogu predstavljati opasnost za ljude koji su izloženi plamenu. Međutim, ne proizvode snažne udarne valove niti dovoljno topline da bi oštetili čelične konstrukcije. Zaštitna odjeća može pomoći u smanjenju rizika za osoblje [14].

Da bi se stvorila eksplozija parnog oblaka (VCE) što se zapravo i dogodilo na nesreći BP-Husky Toledo, istodobno se mora dogoditi pet stvari: Oslobođeno gorivo mora biti zapaljivo i u stanju stvoriti oblak pare, u ovom slučaju to je bila nafta. Dio goriva u oblaku mora se kombinirati sa zrakom kako bi se stvorile koncentracije unutar zapaljivog područja specifičnog goriva. Što je izvor paljenja snažniji, to je veća mogućnost jače eksplozije. Paljenje se treba odgoditi dok se ne formira dovoljno veliki oblak pare. Također, u oblaku mora biti prisutan neki oblik oksidansa. Oblak će se brže miješati sa zrakom, brže će gorjeti i stvoriti visoku brzinu plamene fronte. U određenim situacijama, plamen može biti dovoljno brz da izazove eksploziju vala koja može naštetiti osoblju, pa čak i građevinama. Zatvorenost u smislu konstrukcija i prepreka može povećati pritisak i brzinu plamene fronte zbog ograničenog prostora za širenje plinova. Paradoksalno, sigurnosne mjere koje se poduzimaju za sprječavanje paljenja mogu zapravo biti uzrok eksplozije. Ako se plinski oblak zapali vrlo rano, malo je vjerojatno da će biti dovoljno velik da preraste u eksploziju, a ako se pak paljenje odgodi, oblak plina može rasti sve dok na kraju ne dosegne potencijal izvora paljenja, u što otpada vruća površina ili slomljena električna oprema. Do tada bi oblak plina mogao postati dovoljno velik da izazove katastrofalnu eksploziju. Tipično zapaljenje ima plamenu frontu manju od 100 m/s i njegova svojstva ovise o nekoliko parametara: energiji goriva, izvoru energije paljenja i mjestu u zapaljivom oblaku, veličini oblaka, koncentraciji oblaka.

VCE su paljenja kod kojih gore navedeni parametri maksimiziraju brzinu i mogućnost frontalnog plamena, što rezultira deflagracijama s predtlakovima od 8 do 10 bara. Oblak ugljikovodika zapremine 64 kubika (promjera 5 m) u zapaljivom području obično generira brzinu frontalnog plamena do 100 m/s. Ovaj fenomen se smatra „kritičnim oblakom“ i često se koristi kao osnova za kriterije postavljanja detektora plina. BLEVE (eksplozija ekspanzivnih para koja ključa) može se dogoditi kada se spremnik napuni ukapljenim zapaljivim plinom, čime je izložen neprekidnom plamenu. Spremnik sadrži tekućine koje apsorbiraju toplinu iz plamena i počinju kipjeti. Širenje isparavanja tekućine povećava pritisak unutar spremnika sve dok sigurnosni ventil ne otvori. Nakon što se nadtlak oslobodi, razina tekućine unutar spremnika postaje niža nego što je bila ranije. Ako se zagrijavanje odvija brzo, tekućina može brzo upiti toplinu iz metala, što može dovesti do slabljenja metalne strukture. Prije oslobađanja, tekućina se može zagrijati do temperature znatno iznad točke vrenja pri normalnom tlaku. U tom slučaju, tekućina može doseći stanje pregrijanosti. Kada se pregrijana tekućina oslobodi, ona isparava u plin koji zauzima znatno veći volumen. Ova ekspanzija plina uslijed trenutnog isparavanja tekućine može izazvati snažnu eksploziju koja može odgurnuti teške metalne dijelove na stotine metara daleko. Ovi metalni dijelovi mogu izazvati domino-efekt uništavajući drugu opremu. Jedan od navedenih problema je sigurnosni ventil, no to nije točno, jer ako spremnik nije pod tlakom, struktura će se napuhati do točke pucanja čelika, što može rezultirati eksplozijom pare. Glavni uzrok pucanja čelika nastaje kada spremnik dođe u kontakt s izvorom velike topline, poput mlaznog požara. Ako se ispuštena para zapali, osobito u slučaju uskladištenog goriva, može doći do stvaranja velike vatrene kugle. Ova kugla može izazvati izuzetno visoko toplinsko zračenje. Kombinirane opasnosti od BLEVE-a i vatrene kugle uključuju udarni val, leteće fragmente iz spremnika i toplinu. Teorijske vrijednosti za zaštitu su sljedeće: izolirani spremnik trebao bi izdržati vatru u lokvi (turbulentni plamen s toplinskim tokom od otprilike 100 kW/m<sup>2</sup>) oko 20 do 30 minuta. Isti spremnik mogao bi izdržati mlazni plamen (toplinski tok do 350 kW/m<sup>2</sup>) samo oko pet minuta. Međutim, te vrijednosti uvelike ovise o izolaciji spremnika, sustavima za hlađenje i razinama tlaka. Ako je spremnik već oštećen u početnoj eksploziji, požar se može dogoditi u bilo kojem trenutku nakon početka nesreće [15].

#### 4.2. Požari i gašenje klase „B“

Požari klase „B“ odnose se na požare zapaljivih tekućina. Zapaljive tekućine se klasificiraju prema temperaturi plamišta. Lakozapaljive tekućine su one čija temperatura plamišta iznosi 38 °C ili

manje. Gorive tekućine imaju temperaturu plamišta višu od 38 °C. Prema HR NN 108/95 i 56/10, ove tekućine se razvrstavaju u sljedeće skupine:

- I. Skupina zapaljivih tekućina dijeli se u podskupine: A. tekućine čija je temperatura plamišta niža od 23 °C, a vrelište ispod 38 °C B. tekućine čija je temperatura plamišta niža od 23 °C, a vrelište iznad 38 °C C. tekućine čija je temperatura plamišta od 23 °C do 38 °C.
- II. Skupina zapaljivih tekućina jesu tekućine čija je temperatura plamišta od 38 °C do 60 °C.
- III. Skupina zapaljivih tekućina dijeli se u podskupine: A. tekućine čija je temperatura plamišta od 60 °C do 93 °C B. tekućine čija je temperatura plamišta viša od 93 °C, ali ne više od 100 °C [16].

Plamište predstavlja najnižu temperaturu pri kojoj se iznad površine zapaljive tekućine formira dovoljna količina zapaljivih para, koja se u kombinaciji sa zrakom može zapaliti uz prisustvo vanjskog izvora paljenja. Ove pare prestaju gorjeti kada se ukloni vanjski izvor paljenja. Temperatura paljenja označava najnižu temperaturu na kojoj neka goriva tvar oslobađa dovoljnu količinu toplinske energije da bi mogla nastaviti kontinuirano gorjeti bez potrebe za daljnjim vanjskim izvorom paljenja. Vrelište je temperatura pri kojoj tekućina prelazi iz tekućeg u plinovito stanje kroz cijelu svoju masu, pri čemu se tlak para tekućine izjednačava s tlakom okoline. Stinište (točka tečenja) je temperatura na kojoj neka tekućina prestaje teći ako se hladi pod propisanim uvjetima [16].

Gorenje u klasi B, prilikom izgaranja zapaljivih tekućina, ne uključuje izgaranje samih tekućina. Kao što je već spomenuto, za zapaljenje tekućine potrebna je minimalna temperatura plamišta. Izgaranje para zapaljivih tekućina prati pojava svjetlosti, topline i dima, pri čemu se toplina isijava u okolinu, a toplina se prenosi putem dima konvekcijom. Da bi došlo do zapaljenja tekućine, potrebno je ispuniti nekoliko uvjeta. Prvi uvjet je da na tekućinu djeluje dovoljna količina topline kako bi ona počela isparavati (plamište). Ako iznad takve tekućine postoji dovoljno oksidansa i ako joj se prinese vanjski izvor paljenja, doći će do zapaljenja i nesmetanog odvijanja lančanih reakcija gorenja. Da bi se kemijski proces gorenja nastavio, tekućina mora biti zagrijana na temperaturu paljenja. Ako temperatura paljenja nije postignuta, uklanjanjem vanjskog izvora paljenja doći će do prekida kemijske reakcije gorenja. Prema brzini kemijske reakcije, gorenje

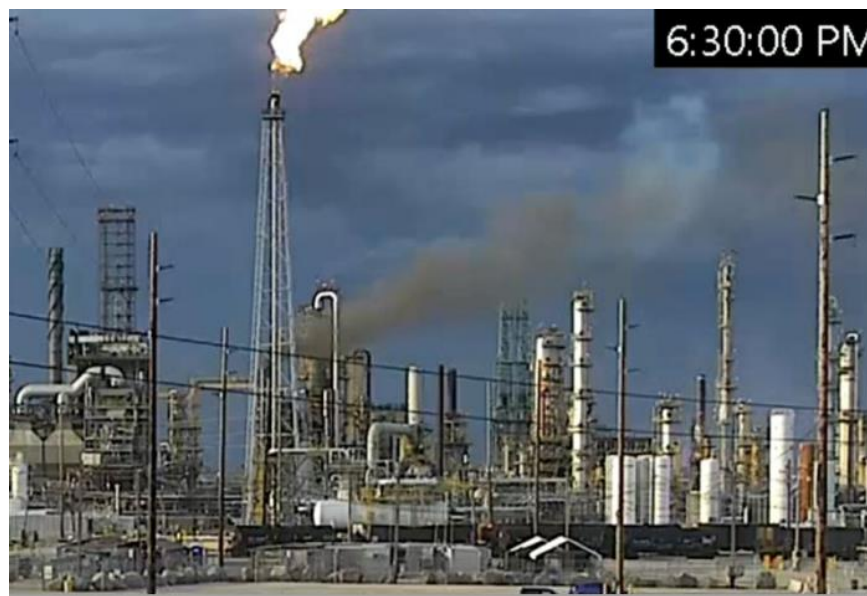
zapaljivih tekućina može se klasificirati u dvije kategorije: a) deflagracija – brzina širenja manja od 340 m/s, b) detonacija – brzina širenja veća od 340 m/s, uz pojavu udarnog vala velike razorne moći [12].

Iz navedenog se može zaključiti da zapravo ne gori sama tekućina, već njezine pare. Na temelju tih saznanja, može se doći do zaključaka o načinima gašenja požara klase B. Gašenje požara klase B može se podijeliti u četiri kategorije: - uklanjanjem gorive tvari - inhibiranjem, što podrazumijeva prekidanje nesmetanog odvijanja kemijske reakcije gorenja - ugušivanjem, što uključuje oduzimanje oksidansa - ohlađivanjem gorive tvari. Kada raspravljamo o požarima u naftnoj industriji, oduzimanje gorive tvari moguće je jedino u situacijama kada goriva tvar istječe iz određene posude ili cijevi koja se može zatvoriti (npr. glavna cijev naftne bušotine). U naftnoj industriji često se radi o velikim količinama zapaljivih tekućina, stoga nije moguće ukloniti gorive tvari bez stabilnih instalacija koje su potrebne za taj proces. Stoga je važno odabrati jednu od preostalih triju metoda. Prekidanje nesmetanog odvijanja reakcije gorenja može se postići samo ako tekućina nije zagrijana do temperature samozapaljenja. Ako pokušamo ugaziti tekućinu koja je dostigla tu temperaturu prekidanjem reakcije (npr. korištenjem ABC praha), požar ćemo ugaziti samo na kratko. Odmah nakon prestanka djelovanja sredstva za gašenje, požar će se ponovno aktivirati. Najbolja strategija u slučaju većih požara uzrokovanih razlivanjem tekućine je uklanjanje oksidansa. Praksa je pokazala da prekrivanje razlivena tekućine pjenu za gašenje donosi najbolje rezultate. Ohlađivanje gorivih tvari u naftnoj industriji gotovo je nemoguće zbog specifičnih svojstava sirove nafte i njenih derivata. Uz potrebu za vrlo niskim temperaturama, obično se radi o ekstremno velikim količinama, što čini ohlađivanje gotovo neizvedivim. Kako bismo završili temu o požarnom razredu B, važno je spomenuti i osnovna sredstva za gašenje tog razreda. Najbolje i najefikasnije sredstvo za gašenje požara razreda B pokazala se primjena zračne pjene. Ova pjena se sastoji od vode, pjenila i zraka u preciznim omjerima (1-6% vol.) koji se dobivaju putem sustava na vatrogasnim vozilima ili vanjskim miješalicama, uz korištenje odgovarajuće mlaznice za pjenu (teška, srednje teška, laka pjena, neaspirirana). Sljedeće sredstvo koje se također široko koristi u rafinerijskim postrojenjima zbog svog antikatalitičkog i inhibirajućeg učinka je suhi prah. Ova komponenta djeluje tako da gasi požar prekrivanjem vatre sitno raspršenim česticama praha, stvarajući film koji odvaja oksidans (u ovom slučaju kisik) od goruće okoline. Također je važno spomenuti ugljični dioksid, inertni plin koji ne gori i ne podržava gorenje, a djeluje ugušujuće na požar. Njegova slabost leži u maloj učinkovitosti u otvorenim

prostorima, zbog čega se češće koristi u zatvorenim prostorijama gdje postoji mogućnost ventilacije. Naime, ugljični dioksid istiskuje kisik iz prostora, što može dovesti do ugušivanja osoba u blizini [12].

#### 4.3. Kratak opis i uvod u akcident

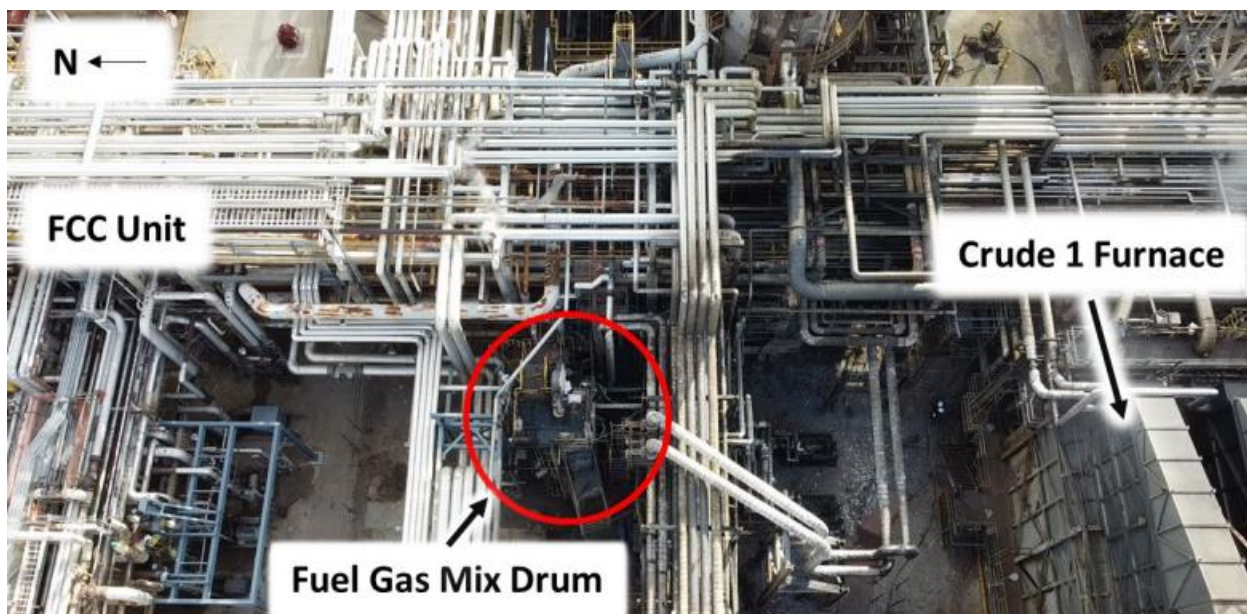
Dana 20. rujna 2022., otprilike u 18:09, zapaljiva tekuća nafta počela je puniti mješavinu gorivog plina u kolonu ("Mix Drum") u rafineriji BP-Husky Toledo. Tekućina se prelijevala iz obične kolone za pare za miješanje, tako šaljući naftu kroz razne cijevi za paru u razne kotlove i peći u rafineriji. Nekoliko od tih kotlova i peći počeli su ispuštati vrlo vidljive oblake dima (Slika 4). Za smanjenje razine u Mix Drumu, otprilike u 18:17h. tekuća nafta je poslana u sustav rafinerije na baklji i ispuštena u kanalizaciju za zauljenu vodu. Počevši od otprilike 18:32h, nafta iz kolone za miješanje također je ispuštena izravno na tlo pritom stvarajući oblak pare. Oko 18:46h oblak pare zapaljive nafte koji se je formirao na tlu došao je u prisustvo izvora paljenja, što je izazvalo veliki požar u kojem je smrtno stradalo dvoje zaposlenika i rezultiralo je značajnom materijalnom štetom unutar rafinerije, ali koja se ne može mjeriti naspram dva odnesena života djelatnika rafinerije [17].



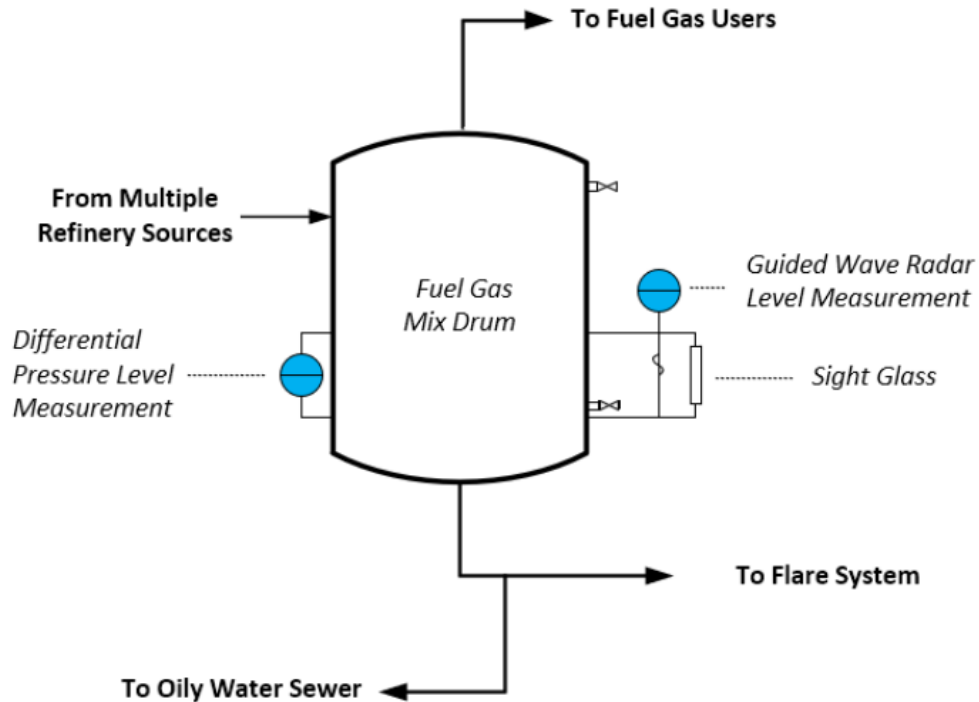
Slika 4. Zadimljena peć i baklja pridonose razvoju incidenta [17]

#### 4.3.1. Slikovni opis mjesta akcidenta

Po slikovnom opisu (Slika 5.) samog akcidenta vidimo kako je prostorna razlika između dijelova pogona jako mala te je pogodovala nastanku požara. Ovdje možemo uvidjeti vrlo veliku važnost prostornog uređenja, planiranja i projektiranja plana rasporeda pogona koji u ovom slučaju nisu uspjeli spriječiti nastanak požara. Kolona za miješanje se nalazila odmah u neposrednoj blizini peći (izvor paljenja koji je kasnije uzrokovao akcident). Kritična točka ovog slučaja je kolona za miješanje (mix drum) (Slika 6.) tj. lokacija s koje je započeo akcident, istjecanjem nafte iz kolone, te stvaranje oblaka plina. FCC kreking pogon nalazio se također u neposrednoj blizini bubnja i peći [17].



Slika 5. Položaj kritičnih točaka pogona [17]



Slika 6. Pojednostavljena shema kolone [17]

#### 4.3.2. Uzrok nesreće u „BP- Husky Toledo“ rafineriji

Tokom dana radnici rafinerije zamijetili su razne poremećaje u proizvodnim procesima rada rafinerije, očito po nekakvim osobnim zaključcima na više pogona koje je dovelo do povećanja radnog tlaka. Znači u normalnom radu kontrolni ventili održavaju tlakove, temperature i procesne tokove, stabilnima. Obzirom na ovaj poremećaj u radnom procesu tlak je rastao te onda su se aktivirali sigurnosni ventili koji su se otvorili. Kad se oni otvore ovisno koliko ih je u seriji obično izazovu veliku buku i vibracije, što je ovdje i bio slučaj. Uslijed tih vibracija došlo je do puštanja na spoju odnosno na varu drenažnog ventila. Zbog toga su obustavili pojedine proizvodne procese (dva), a jedan je bio u „bypass“ modu što bi značilo nije bio obustavljen do kraja odnosno hladna cirkulacija, znači spreman je za ponovno puštanje u proizvodnju ali ne od nule. Nadalje slijedom događaja „Crude 1 unit“ je ostao u proizvodnji te je od njega sve ostalo krenulo dalje, jer je znači došlo do problema na jednoj pumpi, koja je počela puštati. Zato u postrojenjima pumpe uvijek dolaze u seriji od dvije ili tri, da se u ovakvim situacijama i za redovito održavanje upali rezervna, a da se na drugoj pumpi vrši popravak. U ovoj situaciji radnik rafinerije (operator) je napravio dobru stvar, jer je ugasio pumpu koja je puštala i pokrenuo rad druge, ali to je dovelo do

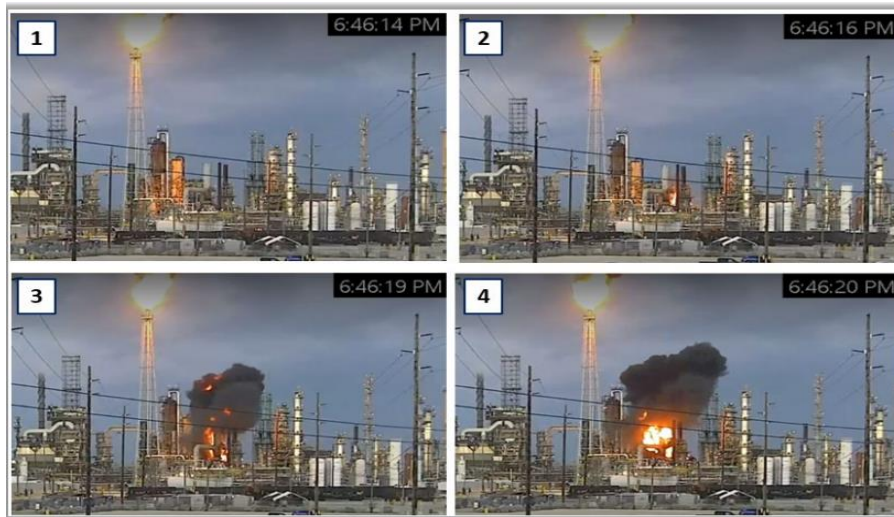


promijene sastava na sirovini koja je išla na preradu(prva je pumpala „sweet crude“- slatka sirova nafta, a druga je davala iz rezervoara „heavy“ odnosno tešku naftu).Isto tako zbog prvog incidenta iz prethodne smjene, pumpe za hlađenje nisu cirkulirale i tako je dolazilo do povećanja tlaka. Zbog toga je nastao poremećaj odnosno nestabilan rad koji dovodi do nemogućnosti održavanja nivoa, nivo u veselu raste preko „High“ limita odnosno maksimalno dozvoljenog, sto dovodi da ovu naftu koja se počima prelijevati po vršnoj cijevi u kojoj bi inače trebala biti plinska faza. Tu dolazi na scenu operater u kontrolnoj sali. Da nisu imali one pogone od prvog incidenta u obustavi, on bi se tog nivo riješio na te pogone ,ovako je otvorio kontrolni ventil koji je poslao tekuću naftu na pogon koji je bio u „baypass“ modu ,znači nije radio, nivo počima rasti, puni se do onog „HH“ nivoa te se počima prelijevati po liniji od plina u Mix drum (znači trebao bi biti plin, a ne tekućina) od kuda se distribuira plin proizveden u procesima prema konzumentima u rafineriji. Znači nekakav zaključak bi bio greška u komunikacija na primopredaji smjene koji je mogući uzrok, ali da se zaključiti kako bi mogla biti velika greška i operatera i njegovog nadređenog jer nisu uzeli u obzir posljedice odnosno šta se sve može dogoditi ako, pošalju tekućinu u mix drum odnosno kolonu. Zatim vanjski operateri, otvaranje ventila prema baklji i uljnom drenažnom sistemu, skidanje čepa na nivo staklu i „end falange“. Postavlja se pitanje jesu li radnici uopće radili prema zakonima struke odnosno jesu li bili svjesni svojih operacija u tom trenu? Operateri su poslali velike količine nafte u pogon te s time još više pospješili ispuštanje zapaljivih para, drenirali su sistem na pod što je fatalna greška koja je uz sve navedene kvarove, pogreške u komunikaciji bila zadnja stavka prije katastrofe koja je odnesla dva života te nanjela velike financijske probleme. Uz dreniranje na pod radnici okolnih pogona primijetili su oblak pare ispuštene te u tom trenu vjetar mijenja smjer, a pogoni pored u normalnome radu, te još blizu peći koja na oplati isijava temperaturu. Lako zapaljive pare nafte plus kombinacija temperature isijavanja oplata peći i stehiometrijski omjer zraka uzrokovali su katastrofu u „BP-Husky Toledo“ rafineriji [17].

Kronološki slijed samog događaja:

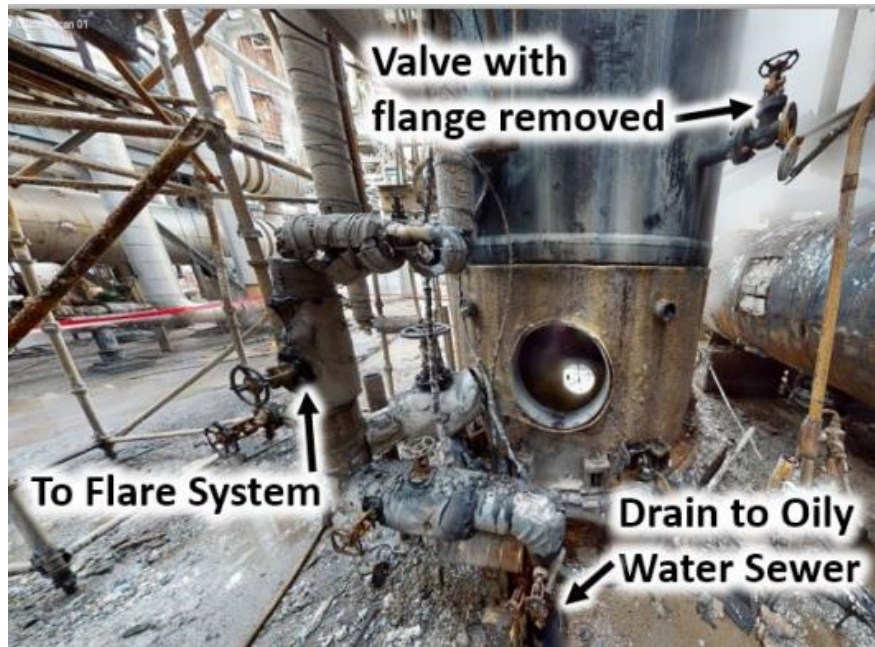
1. Otvaranje sigurnosnih ventila dovodi do vibracija koje dovode do propuštanja na drenažnome ventilu
2. To dovodi do obustave pojedinih postrojenja, i jedan ide u „bypass“ način rada
3. U sljedećoj smjeni, problem s pumpo, na drugom postrojenju koje je u radu, pali se druga pumpa koja šalje drugačiju sirovinu na preradu

4. Uslijed toga problem s nivoom raste, operater u sali otvara kontrolni ventil da se riješi odnosno dovede nivo na normalu, šalju naftu na pogon koji je u „bypass“ načinu rada
5. Znači u bypass modu ne vrši se destilacija ili separacija, nivo raste, tekućina se preljeva preko vrhnog nivoa koji je inače plinska faza,
6. Uslijed toga dolazi do rasta nivoa u mix drumu u kojem pri normalnom radu je plin i na dnu tekuću fazu odnosno kondenzat plina, ali ne naftu nego obično je to voda, u ovom slučaju nafta, puna ugljikovodika, vanjski operateri pristupaju dreniranju, te oni otvaraju dvije linije koje normalno i trebaju prema baklji i u oily water system, ali nikako drenirati skidajući čep na nivo kaznom staklu i end flangu , zapaljivi ugljikovodici „legli“ su na pod i s doticajem zraka i temperature tih zapaljivih plinova dovodi do eksplozije i požara (Slika 7.).



Slika 7. Snimak nadzorne kamere s postrojenja [17]

Rafinerijski vatrogasni tim, uspio je suzbiti požar nakon tri sata prilaženja koloni, zbog mlaznog izgaranja i velikih temperatura koje su stvarale pare isteče nafte na postrojenju, zatvaranjem ventila (Slika 8.).

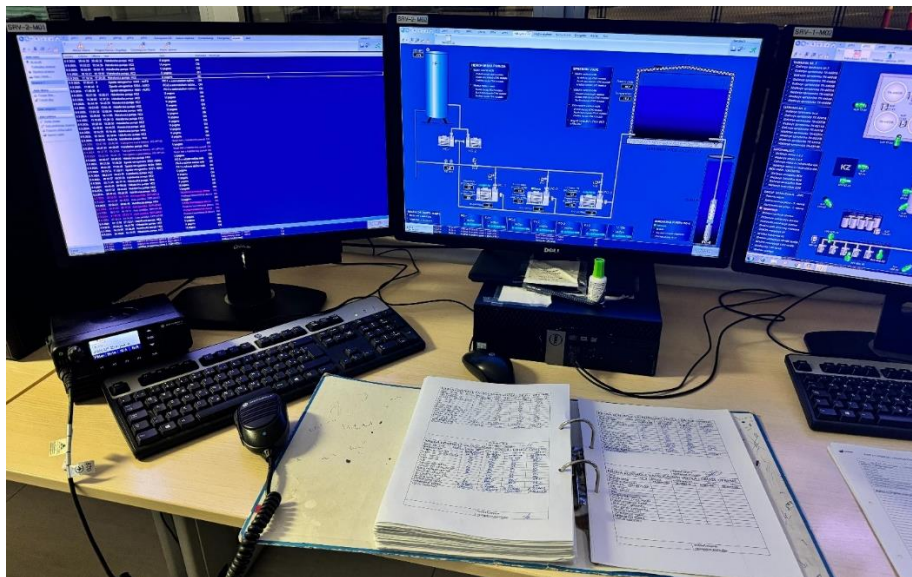


Slika 8. Slika kolone nakon akcidenta [17]

Požar je započeo u 6:46 popodne, a ugašen je u 10:15h navečer. Otprilike oko 10,660.3279 kg. nafte ispušteno je iz kolone tokom incidenta u „BP-Husky Toledo“. Istraga je najvjerojatnije postavljala pitanja o sustavu radnih dozvola i pratila neka od ključnih "zlatnih pitanja" istrage (Što?, Kada?, Gdje?, Kako?, Čime?, Zašto?, S kim?, Koga?, Tko?). Je li postupak bio primjeren? Je li se postupak poštivao? Je li bila osigurana odgovarajuća obuka? Je li postupak bio praćen? Odgovori su sigurno bili negativni. Zatražili su prijem obavijesti o požaru te prikupljanje raznih zapisa i dnevnika proizvodnih procesa s upisanim vremenima. Nakon toga, formirali su stručni, specijalistički i iskusni tim za istragu, a zatim su pretražili i osigurali mjesto događaja. Primili su službeno izvješće i izjave rukovoditelja vatrogasne intervencije, fiksirali opći izgled mjesta događaja, makro položaj i vanjske karakteristike, kao i obilježja relevantnih tragova. Proveli su kriminalistički očevid, a na kraju su izradili i dostavili stručno mišljenje i nalaze temeljene na prethodno provedenim detaljnim analizama, kao i donesenim zaključcima i prosudbama stručnjaka. Kroz kronološko slaganje i praćenje tijeka razvoja požara, istražili su gorivu tvar i njene karakteristike, te poznavanje proizvodnog procesa i eventualne greške operatera, što ih je dovelo do skoro rješenja slučaja. Međutim, CSB još uvijek nije zaključio slučaj, te istraga i dalje traje [17].

## 5. ZAŠTITNE MJERE I PREVENTIVNE RADNJE

Kako bi se spriječile daljnje katastrofe poput ove, preventivne radnje moraju se svakodnevno obavljati. Prevencija kao stup zaštite od požara i eksplozija u rafinerijama uključuje rigorozne sigurnosne mjere pošto je velika količina reaktivnih tvari u radnoj okolini stalno prisutna. Kontrola opreme i provjeravanje radnog procesa, radnih tlakova, radnih protoka (Slika 9.), pridržavanje sigurnosnih mjera i protokola, samo su neke od stvari koje moraju biti poštovane kako bi se rizik od požara i eksplozija sveo na minimum ili u potpunosti izbjegao. Treninzi radnika i kontrola njihove dozvole za rad kao i obnavljanje liječničkih pregleda, razne obuke i predavanja za siguran rad, traženje dozvola za rad s posebnim opasnostima ili mogućnostima za ozljedu ili katastrofu koja zahtjeva posebnu pozornost i upućuju se zahtjevima prema „OHAS“ djelatnicima što zna biti slučaj da se takve stvari izbjegavaju zbog vremenskog odmaka obavljanja posla. Označavanje samog mjesta sa znakovima opasnosti te osiguravanje osobne zaštitne opreme i odjeće za djelatnike. Uspostava sustava za live monitoring radnih parametara kao prvi alarm isto kao i postavljanje sustava za rano otkrivanje i dojavu te gašenje požara. Kontrole radnih uvjeta, planiranja samog postrojenja, inženjering te unaprijed određene sigurnosne mjere, barijere, ojačanja. EX zaštite, termo kamere i ostalo sve u svrhu zaštite i obrane od požara i eksplozija [18].



Slika 9. Nadzorno računalo radnih parametara [19]

## 5.1. Zaštitne mjere

Znatno važan i ozbiljan posao čini zaštita od požara ljudskih života i imovine. Spada u glavne poslovne politike te je temeljna obveza rukovodstva svake rafinerije. Iz tog razloga zbog zaštite od požara u rafinerijama provode, upravne, tehničke, normativne i obrazovne programe i mjere. Pod poslovnom politikom, općim aktima te internim propisima propisana jesu pravila ponašanja tako zvana pravila službe. To jesu zapravo upravne mjere kojima se preventivno provodi zaštita. Zaštitnim tehničkim mjerama osigurano je da tehnološki procesi pod uvjetima iznimnih temperatura, tlakova, zapaljivih medija te korozivnih tvari ne ugrožavaju ljude koji ih vode te nadziru. Te zaštitne mjere gotovo svakodnevno se primjenjuju od samog projektiranja postrojenja eksploatacije i izvedbe do nabave opreme za gašenje. Normativnim zaštitnim mjerama postiže se ravnopravna valjanost i obveznosti primjene svih mogućih tehničkih rješenja i postupaka pri radu s opasnim medijima. Kako rafinerijska postrojenja ne bi bila nisko ograničene efikasnosti, te kako ne bi ugrožavale okruženje, radno osoblje mora se obrazovati a istodobno imati i obvezu da prethodno stečena i provjerena znanja upotrebljava u svom svakodnevnome životu. Akcijama tako zvane propagandne naravi, radnici se motiviraju da svojim ponašanjem i postupcima pridonese zaštiti objekta a time svojoj sigurnosti kao i koleginih, ali isto tako i za dobrobit postrojenja na kojem se on nalazi i radi. Radi provedbe preventivne zaštite od požara treba poduzeti:

- 1) Mjere sprječavanja nastanka požara
- 2) Brzo i efikasno gašenje požara u početnoj fazi svim raspoloživim sredstvima i opremom odnosno kako bi se spriječilo njegovo daljnje širenje
- 3) Kako bi se smanjile štete i posljedice nastale požarom
- 4) Da se izbjegne ozljeđivanje kao i gubitak života gasitelja i radnika u toku akcije gašenja i spašavanja
- 5) Te naposljetku, da se svaki nastali požar istraži, analizira i potom donesu zaključci i predlože mjere kojima bi se moglo spriječiti veće buduće katastrofe [18].

## 5.2. Preventivne zaštitne mjere

Svrha pasivne zaštite je kako bi se već pri samome projektiranju kao i konstrukciji opreme te postrojenja smanjio ili otklonio uzročnik (izvor požarne opasnosti). Naravno velike kompanije i firme teže ka potpunoj odnosno totalnoj preventivnoj zaštiti, što je jasno da je u praksi gotovo pa i nemoguće izvesti zbog velikog broja ljudi na postrojenjima kao šta je jedna rafinerija i pod

uvjetom ljudske greške, djelovanja prirodnih pojava, iznenadnih mehaničkih oštećenja te ostalih pojava. Iz tog razloga sigurnosne mjere koje se u ovom području poduzimaju sastavni su dio tehnologije rukovanja opasnim tvarima odnosno medijima. U preventivne radnje, zaštitne mjere od požara ubrajamo i sisteme za inertizaciju opreme te sve češće oštriji zakoni i zahtjevi prema kvaliteti električne i slične opreme te zahtjevi za njenom izvedbom u „EX“ izvedbi. Hermetizacija tehnološkog procesa sprječava nastajanje i propuštanje eksplozivnih para i smjesa. Sustav zaštite od statičkog elektriciteta oduzima opasnost od pojave i nastajanja električnih iskri [18].

### 5.3. Aktivna zaštita od požara

Takva vrsta zaštite podrazumijeva sve tehničke i druge mjere kojima se pri nastanku požara smanjuju moguće štete, odnosno kojom se požar gasi u najkraćem mogućem roku. Standardizirana su tehnička rješenja koja se prepoznaju već pri samom projektiranju postrojenja. Postoji više vrsti aktivne zaštite od požara:

- 1) Procesne jedinice moraju biti na dovoljnoj razdaljini jedan od drugoga. Tamo gdje je gotovo nemoguće osigurati fizičku razdaljinu ili nije praktično osigurati, zaštita se na takvim mjestima ostvaruje odvajanjem vrlo rizičnih procesa i dijelova pogona od manje opasnih i s manje rizičnijom opremom i dijelovima pogona, upotrebom vatrootpornih zidova barijera te osiguranja u zaštitnim bazenima i pravilne drenaže na primjer preko peći ili preko baklje te slično.
- 2) Ograničiti ili otkloniti količinu zapaljivog medija koji može biti izložen ili neposredno uključen u požar ili eksploziju
- 3) Osigurati pouzdanu evakuaciju osoba sa poteškoćama zatečenih u objektu kao i radnog osoblja
- 4) Omogućiti pouzdan pristup i manipulativni prostor za gasitelje i sve sudionike u gašenju i spašavanja
- 5) Zaštita čeličnih nosivih konstrukcija od iznimno visokih temperatura prilikom požara. Slijedom da su čelični profili u konstrukciji izloženi direktnom plamenu već pri 500 stupnjeva Celzijevih oni znatno gube svoja svojstva otpornosti i čvrstoće, čime je iznimno ugrožena nosivost, a posebno kod nosača sfernih spremnika kolona i posuda. Iz tog razloga treba ih adekvatno zaštititi vatrootpornim materijalima i premazima te produžiti vrijeme trajanja samih materijala za vrijeme požara i povišenih temperatura. Višesatna obrana od

požara i zaštita dijelova objekta navedenim osigurava se za objekte čije je urušavanje izuzetno opasno.

- 6) Postavljanje sustava za rano otkrivanje i dojavu požara te aktivaciju uređaja za zaštitu od topline, postoje dva takva sustava automatski i ručni čiji su osnovni zadatci obaju da: otkriju najbržim i najučinkovitijim načinom požar te da ga dojavu, da upozori osoblje na potrebu za skrivanjem od opasnosti ili kako bi poduzeli akcije gašenja i uzbunjivanja, da aktivira stabilne sustave za rano otkrivanje i gašenje samog požara, ugasi ventilaciju, zatvori vrata požarnog sektora, prekine dovod el. Energije i slično. Zaustaviti proces sustavom za gašenje koji mora biti efikasniji ili da se otkloni ili ograniči količina gorivog materijala koji može biti zahvaćen požarom. Postoje mnogi uređaji za rano otkrivanje i dojavu požara, koji rade na principu fenomena gorenja ili više njih kao na primjer. Osjetilo topline, dima, vatre, ionizacijska osjetila koja će biti pojašnjena u jednom od narednih poglavlja. Radi skraćivanja trajanja vremena od prvog alarma do početka same akcije gašenja danas se sve više implementira informatički složeni sustav i oprema sa vatrodajnim centralama koje omogućuju vrlo brzo i efikasno a najbitnije i pouzdano otkrivanje požara uz dodatnu mogućnost kontrolnih radnji i paralelnih uzbunjivanja. Takve vrste centrala s informatičkom podrškom aktiviraju sam sustav za dojavu i gašenje vrše razmjenu podataka kao i njihovu obradu signala te informiraju procesno osoblje o nastaloj situaciji.
- 7) Detekcija zapaljivih plinova i para. Uslijed utvrđivanja stupnja tehničke sigurnosti određenog postrojenja iznimno je važno i značajno postojanje pouzdanog sustava za rano otkrivanje eksplozivnih koncentracija u zraku radne okoline djelatnika kao i ostalih proizvodno pogonskih dijelova. Namjena takve vrste sustava je da rano otkrije i upozori na propuštanje ili akumuliranje zapaljivih para i plinova kako bi se poduzele akcije za sprječavanje požara ili eksplozije. U rafinerijskim postrojenjima mogu se primijeniti dva takva sustava pasivna i aktivna plinska detekcija. Na kritičnim točkama postrojenja gdje postoji vjerojatnost od propuštanja zapaljivih plinovitih faza postavljaju se detektori podešeni na određeni plin i njezinu maksimalno dopuštenu koncentraciju. Koncentracija plina od 20% DGE alarmira se preko detektora na dojavnu centralu gdje radnici zaprimaju informaciju o mogućoj opasnosti. Pasivna plinska detekcija vrši alarmiranje lokalno i u kontrolnu salu prema room operaterima dok aktivna plinska detekcija osim uzbunjivanja

djeluje na zaustavljanje elektromotornog pogona, zatvaranje ventila na liniji gdje se nalazi plin, te aktivira automatske sustave zaštite, vodenu zavjesu ili vodenu maglu. Pozicioniranje i broj detektorskih uređaja ovisi o fizikalnim svojstvima procesnih medija, DGE (donja granica eksplozivnosti) I GGE (gornja granica eksplozivnosti), vrsti procesne opreme i ostalo. Ispravni sustavi gas detekcije iznimno pripomažu sigurnosti samog pogona i osoblja koje ga poslužuje. Osim stabilnih ugrađenih sustava monitoringa i detekcije na korištenje su i prijenosni uređaji pomoću kojih se može provjeriti prisutnost eksplozivnih plinova i para na mjestima gdje se nalazi i priprema oprema za radove s otvorenim plamenom. Mobilni uređaj ima akumulatorsko napajanje i autonomiju rada od nekoliko sati, a mogućnost primjene u tri različita slučaja: prilikom ranog otkrivanja teško vidljivih propuštanja i istjecanja na dijelovima procesne opreme, za vrijeme provjere prisutnosti koncentracije plinova i para u opremi na kojoj će se vršiti remont ili ulazak osoba, pri uzastopnom mjerenju koncentracija za vrijeme radova s otvorenim plamenom pri čemu svjetlosnim i zvučnim signalom uređaj javlja da je koncentracija odnosno stanje u okolini promijenilo te da bi trebalo obustaviti radove.

- 8) Stabilne instalacije za rano otkrivanje i dojavu pa i gašenje požara izrađuju se kao: automatske stabilne instalacije koje se aktiviraju bez prisustva čovjeka, poluautomatske instalacije aktivira ih čovjek daljinski a komande samog sustava obavljaju se automatski, ručno vođene stabilne instalacije [18].



## **6. UREĐAJI I OPREMA ZA ZAŠTITU OD POŽARA U NAFTNIM INDUSTRIJAMA**

Danas protupožarni i građevinski zahtjevi i propisi nalažu da većina novih građevina ima instaliranu neku vrstu protupožarnog sustava. Zbog toga je važnije nego ikad da član rafinerijske postrojbe ima radno znanje o ovim sustavima njegovim principima i načelima rada koji uključuju sustave za dojavu požara i sustave za rano i automatsko otkrivanje i suzbijanje požara. Razumijevanje načina rada ovih sustava važno je za sigurnost pripadnika postrojbe i neophodno je za pružanje učinkovite korisničke usluge tvrtkama koje štite. S korporativnog stajališta, članovi postrojbi moraju razumjeti operacije i ograničenja sustava za otkrivanje i suzbijanje požara. Postrojenje sa sustavom zaštite od požara imat će vrlo različite radne uvjete tijekom požara od nezaštićenih postrojenja. Sa stajališta korisnika takve vrste sustava, članovi koji razumiju kako funkcioniraju protupožarni sustavi mogu pomoći u odbacivanju pogrešnih predodžbi o tim sustavima i savjetovati upravu i korisnike što i kako nakon aktivacije alarma. Većina ljudi nema prethodnog znanja o tome kako funkcioniraju protupožarni sustavi ili sustavi detekcije u njihovom postrojenju, a u postrojenjima s protupožarnim sustavima često dolazi do pojave grešaka i lažnih alarma zbog iznimne osjetljivosti sustava. Članovi upoznati s ovakvim sustavima mogu biti od vrlo velike koristi korisnicima kako bi utvrdili i spriječili buduće lažne alarme i što treba učiniti kako bi se sustav što prije vratio u funkciju [20].

U industriji prerade nafte i petrokemiji mnoštvo je lakozapaljivih i eksplozivnih tvari, često dolazi do povišenih tlakova i temperatura. Takve se tvari cirkuliraju, prerađuju i skladište najčešće u prekomjernim količinama. Uz pažljivo rukovanje i sve mjere zaštite nažalost požari i eksplozije nisu rijetki, koji ne često dostižu katastrofalne razmjere s velikim ljudskim i financijskim štetama. Takve vrste pojava se nažalost ne mogu isključiti niti zaobići jer su češće uzrokovane raznim faktorima od kojeg je glavno za napomenuti ljudski faktor, višu silu i tehničke faktore, ali pravilnom spomenutom provedbom preventivnih radnji smanjiti opasnosti ili ih svesti na minimum odgovarajućom mjerom. Kad do nesreće ipak i dođe, brzim djelovanjem, dobrom organizacijom i uz pomoć odgovarajućih uređaja i opreme mogu se znatno ublažiti neželjene posljedice. Zbog spomenutih razloga specifične industrije poput ove zaštićuju se na različite načine kako bi se u požaru ili drugim težim havarijama što brže i efikasnije djelovalo s ciljem otklanjanja novonastalih posljedica. S obzirom na to što se u petrokemiji i rafinerijama nafte dadu zapaliti

ugljikovodici, elektroinstalacije i slično potrebno je pri postavljanju unaprijed predvidjeti potencijalne opasnosti na postrojenjima. Uobičajena oprema i instalacije za gašenje vatre jesu: Hidrantska mreža, pokretna vatrogasna oprema, prijenosna vatrogasna oprema, stabilni i polustabilni sustavi za gašenje, instalacije i oprema za vodenu maglu, instalacije za vodenu paru kao sredstvo gašenja, potrebna zaštita čeličnih konstrukcija [20].

### 6.1. Hidrantska mreža

Osim na onim mjestima gdje to nije zabranjeno, požar se najčešće gasi vodom iz svih izvora. Hidrantska mreža (Slika 10.), mora se izvesti tako da je zadovoljavajućeg kapaciteta tlaka i da je spojena u petlji kako bi se voda mogla dobiti sa svih strana gdje su postavljeni u istoj mjeri i količini pod istim tlakom. Ona se postavlja oko svih rezervoarskih prostora i ostalih važnih objekata kao i svih postrojenja te služi za opskrbu bacača pjene kojom se gasi požar. Hidrantska mreža puni se vodom iz rezervoara koji se taktički radi ostvarenja dinamičkog tlaka u mreži postavlja na neku geodetsku visinu ako pritom to sama konfiguracija terena dopušta u slučaju suprotnog tlak se ostvaruje pumpama dovoljne snage [1].



Slika 10. Nadzemni hidrant [19]

## 6.2. Pokretna i prijenosna vatrogasna oprema

Od pokretne opreme najčešće se upotrebljava vatrogasno specijalizirano vozilo za rafinerijska postrojenja sa velikim količinama vode i jakim pumpama kao i prijenosni vatrogasni aparati. Vatrogasna rafinerijska vozila osim velikih količina vode imaju i spremnik za pjeno i uređaje za njeno miješanje i disperziranje. Isto tako znaju se upotrebljavati i vozila s bacačem praha, te ostala vozila koja mogu raditi posebno pjeno, prahom ili kombinacijom dvaju sredstva. Vatrogasni aparati inače se vuku vozilom ili su strateški pozicionirani na pojedinim pozicijama, a izvode se u varijantama prah, pjena i slično.

Od prijenosne vatrogasne opreme najčešće se upotrebljava sljedeća: aparati sa suhim prahom (A, B, C, D) i aparati sa ugljičnim dioksidom te halonima za gašenje električnih uređaja i instalacija) [1].

## 6.3. Stabilne i polustabilne instalacije

Ovakvim vrstama instalacija najčešće se štite pojedini dijelovi pogona te se pjeno kao sredstvom za zaštitu postiže adekvatna protupožarna zaštita rezervoara. Stabilne instalacije posjeduju za dovod, stvaranje i nanos pjene u rezervoar ili ubacivanje pjene na rezervoar (s plivajućim krovom) stabilne cjevovode i uređaje za adekvatno doziranje. Polustabilne instalacije (Slika 11.), posjeduju kako samo ime kaže stabilne sustave na samome rezervoaru, kojima stvara i nabacuje pjenu, a samo miješanje se vrši u posebnim za tu prigodu opremljenim i specijaliziranim vozilima, spojenim na adekvatnu hidrantsku mrežu i povezanima sa instalacijama stabilnog sustava na samome rezervoaru [1].



Slika 11. Polustabilni sustav za gašenje požara [19]

#### 6.4. Sprinkler i drenčer sustavi

Takve vrste instalacija gase nastali požar disperzirajućim mlazom vode po načelu ugušivanja i hlađenja samog požara. Tako sitno disperzirane kapljice vode na sebe vežu veliku količinu topline čak 150 puta bolju od punog mlaza ostvarenog na mlaznici (Slika 12.), za vrijeme požara, čime bi se temperatura drastično smanjila do ispod temperature zapaljenja. Apsorbiranjem topline vodene kapljice pretvaraju se u paru (1l vode iznosi 1700l vodene pare) koja se širi i ispunjava šticeći prostor, te takvim načinom djelovanja onemogućuje pristup zraku te iz tog razloga dolazi do ugušivanja samog požara [1].



Slika 12. Sprinkler mlaznica [19]

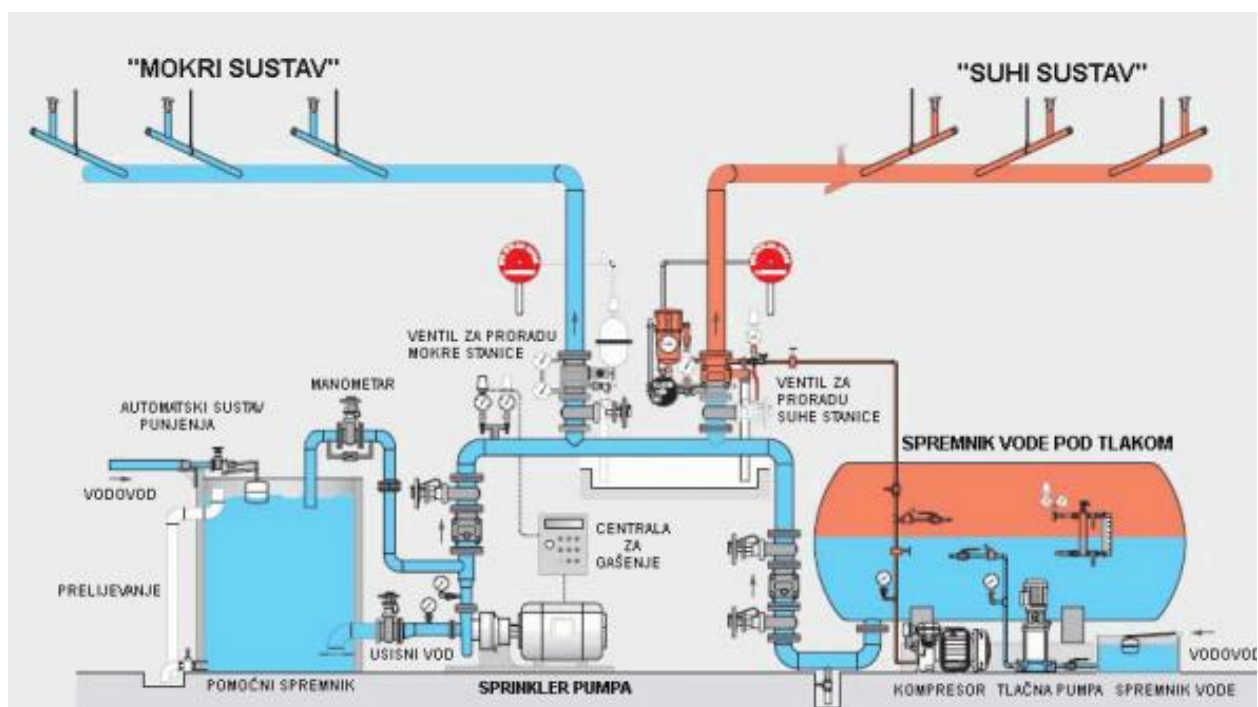
#### 6.4.1. Sprinkler instalacije

U primjeni su dva najpoznatija sustava za gašenje (Slika 13.), a to su:

- Mokri sustav: naziv za izvedbu sprinkler instalacije koja je pod stalnim tlakom, odnosno ona instalacija gdje su cijevi stalno napunjene vodom koje su sastavni dio instalacije iza i ispred alarmnog ventila. Takva vrsta instalacije postavlja se na mjestima gdje ne dolazi do opasnosti od smrzavanja vode za vrijeme zimskih mjeseci gdje temperatura zraka okolnog, pada ispod ništice ili ako je kod izvedbe projektiran jako dugi cjevovod. Što se tiče djelotvornosti puno je efikasniji od suhog sistema jer se vrijeme aktivacije i samog početka gašenja smanjuje zbog stalnog pritiska vode do ventila odnosno mlaznice [1].

- Suhi sustav: naziv za izvedbu sprinkler instalacije u čijoj je mreži cjevovoda ispunjena zrakom od alarmnog ventila do sprinkler mlaznice. Kao takav sustav bi trebao biti u potpunosti zaštićen od visokih temperatura koje mogu prouzročiti samo isparavanje vode u cijevima ili pak do smrzavanja vode. Negativni čimbenik ovakve vrste sustava je spora reakcija odnosno duže vremena je potrebno za samo dobivanje vode na mlaznici zbog cjevovoda ispunjenih zrakom. Padom tlaka zbog pucanja ampule čije pucanje i aktivacija sustava ovisi o odabiru ampule za

štićeni prostor otvara se alarmni ventil te voda izlazi kroz istu mlaznicu. Na jedan takav ventil može se priključiti do 500 mlaznica za štitićeni prostor [1].



Slika 13. Mokri i suhi sprinkler sustav [1]

#### 6.4.2 Drenčer instalacije

Takve vrste stabilnih instalacija za gašenje koje u pripremnom položaju imaju otvoreni tip mlaznice, pa se požar gasi paralelno sa svim mlaznicama koje su postavljene iznad štitićene površine tako zvano grupno ili tandemsko djelovanje gašenjem odnosno natapanjem. Ventil za opskrbu vodom otvara se po istom principu javljača požara postavljenih na nekom istom području gdje su i mlaznice. Sama detekcija požara obavlja se najčešće pomoću sprinkler instalacija s već spomenutom ampulom temperaturne osjetljivosti (57-68 stupnjeva Celzijevih). Drenče instalacije aktiviraju se automatski ili ručno, daljinski ili na ventilu, poluautomatski hidraulično ili električno te kombinacijom više načina [1].

## 6.5. Instalacije za gašenje vodenom parom, ugljik(IV)- oksidom i pjenom

### 6.5.1. Instalacije za gašenje vodenom parom

Djeluju po načelu ugušivanja odnosno uklanjanja kisika iz šticeog djela. Primjena im je kod zaštite ložišta peći ili slične opreme gdje bi ohlađena voda prouzročila dodatnu novo nastalu štetu na opremi uslijed termičkih naprezanja [1].

### 6.5.2. Instalacije za gašenje ugljik(IV)- oksidom

Požar gase ubacivanjem inertnog plina u šticeo dio gdje vrši istiskivanje kisika na koncentracije manje od 15% pri čemu je onemogućio samo gorenje. To je naročito opasno za osoblje koje se nađe zatočenim u takvom prostoru što znači potrebno je izvršiti adekvatnu evakuaciju ljudi iz prostora. Način aktivacije samog sistema može biti mehaničkim impulsom, električnim ili pneumatskim putem [1].

### 6.5.3. Instalacije za gašenje pjenom

Njihova podjela je na polustabilne sustave koji se opskrbljuju sredstvom za gašenje iz samog vatrogasnog vozila i vode iz adekvatne hidrantske mreže. Takve vrste stabilnih instalacija u čijem se sklopu nalaze spremnici pjenila (Slika 14.), mješač, komore i ostalo. Ne priključuje se na hidrant za sam dotok vode. Iako se za gašenje požara zapaljivih tekućina gotovo pa isto uspješno mogu koristiti i druga sredstva treba istaknuti kako je pjena jedno ipak od najefikasnijih sredstava za gašenje jer jedino ona može efikasno gasiti nadzemne spremnike. Proces primjene i stvaranja zračne pjene sadrži tri odvojene radnje: proporcioniranje ili doziranje pjenila potrebnog za dobivanje pjene, samo stvaranje pjene (gdje se pjenilo miješa sa zrakom) i njegova distribucija odnosno raspodjela pjene [1].



Slika 14. Spremnici s pjenilom od stabilnog sustava [19]



## **7. TEHNOLOGIJA GAŠENJA I ORGANIZACIJA ZAŠTITE OD POŽARA U RAFINERIJAMA**

Pojava gorive tvari, temperature i kisika je osnovna kako bi požar mogao biti uvjetovan i ostvariv. Ti uvjeti se nazivaju požarni trokut ili u novije vrijeme vatreni tetraedar jer ipak bez četvrte stvari, a to je nesmetano odvijanje lančanih reakcija između ova tri uvjeta gorenje ne bi moglo biti ostvarljivo. Upravo takav prirodni zakon određuje našu tehnologiju gašenja samog požara odnosno vatre. Izostavljanjem jednog od ova četiri uvjeta potrebna za zapaljenje gorenje će biti onemogućeno te kemijski proces prestaje.

Temeljna tehnologija gašenja nastoji vatru ugasiti:

- 1) Odvajanjem gorive tvari od kisika i topline
- 2) Oduzimanjem odnosno smanjenju koncentracija kisika potrebnog za gorenje
- 3) Snižavanju temperature gorive tvari ispod temperature paljenja

Na temelju tih počela izrađene su taktike gašenja požara, te za njihovu primjenu distribuiraju se odgovarajuća i adekvatna sredstva za gašenje požara [18].

### **7.1. Tehnologija gašenja**

U današnjici postoji više vrsta tehnologija gašenja od kojih je potrebno istaknuti one osnovne:

- 1) Požari na instalacijama za zapaljivim i eksplozivnim plinovima izričito se gase metodom uklanjanja odnosno izoliranja to jest zatvaranja dotoka samog plina do mjesta propuštanja-izgaranja. Da bi adekvatno pogasili plamen potrebno je zatvoriti ventile sa dotokom plina iz razloga što njezinim ne zatvaranjem omogućujemo i dalje konstantno širenje plina po lokalnoj atmosferi te se daje pretpostaviti kako se približavamo zapaljivim i eksplozivnim koncentracijama u zraku koje je dakako teško predvidjeti bez odgovarajućih mjernih uređaja
- 2) Požar razlivenog goriva najefikasnije gasi se prekrivanjem debelim slojem pjene ili suhim prahom koji ne dopušta prekrivanjem da kisik dopre do požara te tako ugušuje sam požar. Gašenje samog požara ugušivanjem zapravo nije ništa drugo nego prekid dotoka kisika

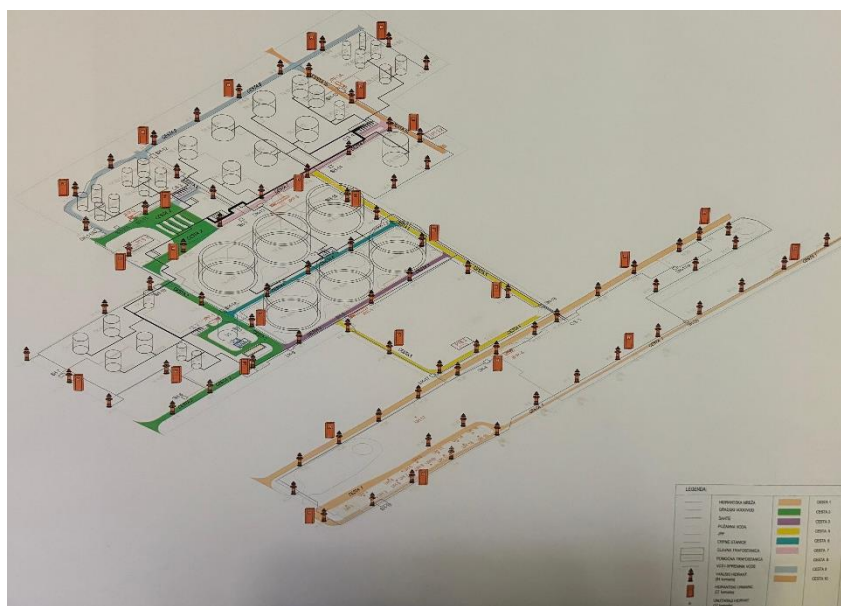
prema gorivoj materiji uz pomoć plinova koji su inertni što bi značilo da istišću kisik čime se smanjuje količina dostupnog kisika iz zraka.

- 3) Hlađenjem gorivog materijala ispod njegove temperature paljenja gorenje naravno prestaje. Padom temperature smanjuje se njegova brzina reakcije oksidacije čime se postiže najniža točka odnosno temperatura gorenja a reakcije se zapravo prestaju odvijati. Sama djelotvornost hlađenja naravno ovisi i o mogućnosti vezanja topline za pojedino sredstvo kojim se tretira. Voda kao glavno i najrasprostranjeniji medij za gašenje ima iznimnu važnost jer se ona prilikom zagrijavanja pretvara u vodenu paru koja na sebe veže veliki dio toplinske energije [18].

## 7.2. Organizacija zaštite od požara u rafinerijama

U rafinerijama nafte postoje različiti tipovi organizacije zaštite od požara. Kroz ovaj rad bit će objašnjen jedan od načina kojim se služi autorova lokalna rafinerija nafte „INA- Rijeka“. Zaposlena i utemeljena služba tehničke sigurnosti ima glavni zadatak da provodi preventivne mjere zaštite te da gasi požare i na taj način spasi imovinu i ljude od požarne opasnosti. S obzirom na lokaciju koja je površinski velika dijeli se u dva odjela tehničke sigurnosti. Svaki odjel posjeduje tri iste djelatnosti: vatrogasnu operativu, tehničku preventivu i zaštitu na radu. Osim organiziranih profesionalnih službi sigurnosti kojima je osnovni cilj i zadaća provoditi preventivu (odnosno sprječavanje nastajanja i gašenje požara) sustav zaštite od požara u rafineriji zasniva se i na početlu da je svaki član društvenog kolektiva dužan: prilikom zastupanja u radni odnos upoznati se s opasnostima i mjerama zaštite na radnom mjestu i posebnim opasnostima te sredstvima i uređajima za brzo gašenje požara (Slika 15.). Način provedbe takve izobrazbe i provjere radnika za rad propisan je pravilnikom o osposobljavanju radnika za rad na siguran način u rafineriji, odslušati predavanja tako zvanog požarnog vatrogasnog minimuma gdje se radnici susreću sa ručnim i prijevoznim aparatima za gašenje požara kao i osnovnom vatrogasnom teorijom gorenja i gašenja, dužni su poštovati i pridržavati se svih pravila uputa zakona i znakova istaknutih u vezi sa zaštitom na radu i zaštitom od požara, te aktivno u slučaju potrebe sudjelovati u gašenju nastalog požara osim ako od njega rukovoditelj radova ne zatraži drugu radnju. Svaki radnik rafinerije ili druge osobe koje borave u posjedu rafinerije dužni su postupati i obavljati svoj posao tako da se ne razlikuje sa zakonom o zaštiti od požara odnosno da svojim postupcima ne ugrožavaju tuđu imovinu ili živote ostalih radnika. Obveze te postupci radnika i službi u slučaju dojava ili izbijanja samog požara propisani su pravilnikom o zaštiti od požara rafinerije. Nepridržavanje tekućih i

važecih propisa ili naredenih mjera i uputa zaštite od požara smatra se, težom povredom radne obveze i dužnosti [18].



Slika 15. Grafički prikaz hidranata ormarića i manipulativnih puteva [19]

### 7.2.1. Dojava požara

Svaki zaposlenik rafinerije, nekog drugog poduzeća, posjetilac ili neka druga osoba koja se zatekla za vrijeme nastanka požara u samome objektu ili na parceli rafinerije koja je u njenom vlasništvu i nadležnosti dužan je u slučaju nastanka požara u njegovoj neposrednoj blizini odmah u što kraćem mogućem roku dojaviti telefonom, javljačem ili na bilo koji adekvatan i efikasan način obavijesti vatrogasnu službu o zatečenom stanju, pojavi, događaju koji bi mogao izazvati požar ili veću katastrofu. Pri dojavi požara telefonom informacije koje su potrebne radi samog lociranja požara jesu: lokacija nastanka opasnog stanja, požara ili čudne pojave, uzrok ako je poznat i veličinu plamena i intenzitet, mjesto dojave, ime te prezime pozivatelja. Dok kod požara koji se dojavljuju ručnim javljačima ovisno o njihovom tipu: pritiskom na ručku javljača ili razbijanjem stakla na javljaču te potom pritiskom na gubi vrši se dojava. Za vrstu javljača požara koji imaju telefon bez numeracije (aktivira se dizanjem slušalice) postupak isti kao i pri dojavi požara uobičajenim telefonom samo u kraćem vremenskom obimu. U nekim objektima ugrađeni su osim ručnih i automatski javljači požara koji su spojeni s dežurnim profesionalnim vatrogasni operativnim centrom (Slika 16.) [18].



Slika 16. Glavna dojavna centrala [19]

### 7.2.2. Organizacija gašenja požara

Ukoliko dođe do požara moraju se ovisno o njegovoj veličini, obavijestiti rafinerijska vatrogasna postrojba na lokaciji gdje je izbio požar, isto tako i preostale vatrogasne rafinerijske postrojbe, a naposljetku i zbog potrebe i profesionalne vatrogasne jedinice lokalne jedinice. Način o uzbuni propisan je pravilnikom o zaštiti od požara rafinerije. Od iznimne važnosti je da svaki zaposlenik poznaje općeg i internog alarmiranja (znakova za požar). Svi djelatnici, kolektivi drugih poduzeća ili posjetioци koji su u trenutku nastalog požara zatekli se u rafinerijskom pojasu moraju se pridržavati osnovnih počela ponašanja u slučaju nastajanja odnosno izbijanja samog

požara. To su: alarmirati vatrogasnu jedinicu, ostati staložen i priseban te odmah započeti s gašenjem požara ovisno o svojim psihofizičkim sposobnostima i granicama znanja mogućnosti i ovlasti, nikako napuštati radno mjesto bez naređenja ili odgovarajućeg odobrenja, na mjestu intervencije djelovati samo po naređenju rukovodioca akcije spašavanja i gašenja nikako samoinicijativno, po naredbi rukovodioca postrojenja obustaviti rad ili dijelove postrojenja radi sprječavanja i ograničavanja daljnjeg širenja požara, radnici i posjetioци vanjskih radnih i drugih poduzeća trebaju bez panike polako i smireno doći do zbirnog mjesta ili pak bližeg izlaza [20].

## 8. ZAKLJUČAK

Prema prikazanom u ovom radu može se zaključiti da najveću opasnost za rafinerijska postrojenja predstavljaju zapaljive tekućine i plinovi. Kada su osigurani svi potrebni uvjeti za paljenje, može doći do požara ili eksplozije, a posljedice takvih incidenata često su katastrofalne, ponekad i s ljudskim žrtvama. Nesreće uzrokovane požarima u različitim industrijama mogu se spriječiti redovitim čišćenjem te implementacijom programa preventivnog održavanja i sigurnosnih mjera. Druga značajna opasnost od požara koja prijete industrijskim kompanijama je vrući rad. Ova vrsta aktivnosti obuhvaća zavarivanje, brušenje i sve procese koji uključuju rastaljene metale koji mogu dostići temperature i do +1000 °C. Glavna opasnost pri vrućem radu su iskrice koje mogu letjeti i do 35 metara. Posljednja velika opasnost od požara odnosi se na opremu i strojeve. Vibracije i kontinuirano trenje između dijelova koji možda nisu dovoljno podmazani mogu izazvati iskrice ili generirati dodatnu toplinu. U ovu kategoriju spadaju i uređaji (kao što su peći) koji nisu pravilno postavljeni i atestirani. Ova analiza slučaja ukazuje na problem moralnog rizika, s obzirom na to da je požarna katastrofa nastala uslijed komunikacijskih zastoja i nepoštivanja osnovnih radnih procesa te kontrole radnih parametara. Stoga, kako možemo spriječiti slične incidente u budućnosti? Potrebno je uspostaviti smjernice i procedure koje obuhvaćaju sve korake, od osobne zaštitne opreme do plana hitne evakuacije. Također, važno je osigurati da cjelokupno osoblje ima pristup ažuriranim dokumentima o sigurnosti na radu u svakom trenutku. Osim toga, ključno je pružiti opću i specifičnu obuku o sigurnosti od požara za sve koji rade u potencijalno opasnim okruženjima. Održavanje svih uređaja i sustava u ispravnom stanju povećat će sigurnost i učiniti poslovanje učinkovitijim. Na kraju, važno je provesti analizu opasnosti cijelog postrojenja kako bi se identificirali najveći rizici i utvrdilo što se može učiniti kako bi se oni riješili ili smanjili na minimalnu razinu.

## 9. LITERATURA

- [1] Rafinerija, <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=51603>, pristupljeno: 27.03.2024.
- [2] Širola D.: „*Oprema, strojevi i uredaji u naftno petrokemijskoj industriji*”, Školska knjiga, Zagreb (1986.),
- [3] Christou M.D.: „Analysis and control of major accidents from the intermediate temporary storage of dangerous substances in marshalling yards and port areas“, J. loss Prev. Process Industries, 12 (1999.) 1, 109-119, ISSN 0950-4230
- [4] Simanzhenkov V., Idem R.: „*Crude Oil Chemistry*”, (1st ed.), CRC Press., New York, (2003.), <https://doi.org/10.1201/9780203014042>, eBook ISBN 9780429214998
- [5] Ashraf A., Aftab A.: Distillation Process of Crude Oil, Thesis, Qatar University, Doha, (2012.)
- [6] Janović Z.: „*Naftni i petrokemijski procesi i proizvodi*”, Hrvatsko društvo za goriva i maziva, Zagreb, (2011.), ISBN 953-97942-2-6
- [7] Klen D., Kolombo M.: INA Rafinerija Rijeka: 1882.-1972. Rijeka, (1972.)
- [8] BP, "Welcome to BP-Husky Refining LLC!," [Online], <http://toledobp.com/pages/history.aspx>., pristupljeno: 28.04.2024.
- [9] BP, "BP United States Where We Operate Ohio,": [https://www.bp.com/en\\_us/united-states/home/where-weoperate/ohio.html](https://www.bp.com/en_us/united-states/home/where-weoperate/ohio.html)., pristupljeno 28.04.2024.
- [10] Husky Energy Inc., "Husky Energy," 31 March 2008., [https://huskyenergy.com/downloads/newsreleases/2008/HSE\\_033108\\_Husky\\_Completes\\_JV\\_Agreement.pdf](https://huskyenergy.com/downloads/newsreleases/2008/HSE_033108_Husky_Completes_JV_Agreement.pdf)., pristupljeno: 28.04.2024.
- [11] Cenovus Energy Inc., "News releases," 28 February 2023. [Online]. Available: <https://www.cenovus.com/News-and-Stories/Newsreleases/2023/2617620>. pristupljeno: 29.04.2024.
- [12] Popović Ž. i sur.: Priručnik za osposobljavanje vatrogasaca, Hrvatska vatrogasna zajednica, Zagreb, (2009.)
- [13] Zakon o zaštiti od požara (NN 92/2010, 114/22), pristupljeno 04.04.2024.

- [14] Tanner R.: Controlling Hot Work Fire Hazards, <https://ohsonline.com/Articles/2009/04/01/Controlling-Hot-Work-FireHazards.aspx>, pristupljeno: 07. 04. 2024.
- [15] CRODUX PLIN d.o.o.: Izvješće o sigurnosti za područje postrojenja „Terminal UNP-a Pustodol“ Sv. Križ Začretje, Zagreb, 2016., pristupljeno: 08.08.2024.
- [16] Pravilnik o zapaljivim tekućinama, Narodne novine HR NN 108/95, 56/10, pristupljeno 15.04.2024.
- [17] U.S. Chemical Safety Board Issues Final Report into Fatal 2022 Fire at BP-Husky Refinery Near Toledo, Ohio, <https://www.csb.gov/us-chemical-safety-board-issues-final-report-into-fatal-2022-fire-at-bp-husky-refinery-near-toledo-ohio/>, pristupljeno: 16.08.2024.
- [18] Grupa autora, Sigurnosne mjere u rafineriji nafte Rijeka, Izdavač: INA- Industrija nafte Zagreb, Rijeka 1991.
- [19] Mlinac P. autorov osobni izvor
- [20] Dornan S.: Industrial fire brigade principles and practice, Jones and Bartlett Publishers, Sudbury, Massachusetts, 2008., ISBN-13: 978-0-7637-3502-9



## 10. PRILOZI

### 10.1. Popis slika

Slika 1. Migracija unutar ležišta nafte [4].....	4
Slika 2. Shematski prikaz osnovnih rafinerijskih procesa [6].....	7
Slika 3. BP- Husky Toledo Refinery [4].....	11
Slika 4. Zadirmljena peć i baklja pridonose razvoju incidenta [17].....	20
Slika 5. Položaj kritičnih točaka pogona [17].....	21
Slika 6. Pojednostavljena shema kolone [17] .....	22
Slika 7. Snimak nadzorne kamere s postrojenja [17].....	24
Slika 8. Slika kolone nakon akcidenta [17] .....	25
Slika 9. Nadzorno računalo radnih parametara [19] .....	26
Slika 10. Nadzemni hidrant [19].....	32
Slika 11. Polustabilni sustav za gašenje požara [19] .....	34
Slika 12. Sprinkler mlaznica [19] .....	35
Slika 13. Mokri i suhi sprinkler sustav [1].....	36
Slika 14. Spremnici s pjenilom od stabilnog sustava [19].....	38
Slika 15. Grafički prikaz hidranata ormarića i manipulativnih puteva [19] .....	41
Slika 16. Glavna dojavna centrala [19].....	42