

# STABILNI I POLUSTABILNI SUSTAVI ZA HLAĐENJE I GAŠENJE U RNS

---

**Brlečić, Josip**

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

**2022**

*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:128:786352>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-27**



**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

Specijalistički diplomski stručni studij Sigurnosti i zaštite

Zaštita od požara

JOSIP BRLEČIĆ

**STABILNI I POLUSTABILNI SUSTAVI ZA  
HLAĐENJE I GAŠENJE U RAFINERIJ  
NAFTE SISAK**

DIPLOMSKI RAD

Karlovac, 2022.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Odjel sigurnosti i zaštite

Specijalistički diplomski stručni studij Sigurnosti i zaštite

Zaštita od požara

JOSIP BRLEČIĆ

**STABILNI I POLUSTABILNI SUSTAVI ZA  
HLAĐENJE I GAŠENJE U RAFINERIJI  
NAFTE SISAK**

DIPLOMSKI RAD

Karlovac, 2022.

Karlovac University of Applied Sciences

Safety and Protection Department

Professional graduate study of Safety and Protection

JOSIP BRLEČIĆ

**STABLE AND SEMI-STABLE COOLING  
EXTINGUISHING SYSTEMS IN SISAK OIL  
RAFINERY**

FINAL PAPER

Karlovac, 2022.

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**

**Odjel Sigurnosti i zaštite**

Specijalistički diplomski stručni studij Sigurnosti i zaštite

JOSIP BRLEČIĆ

**STABILNI I POLUSTABILNI SUSTAVI ZA  
HLAĐENJE I GAŠENJE U RAFINERIJI  
NAFTE SISAK**

DIPLOMSKI RAD

Mentor : dr.sc. Zvonimir Matusinović

Karlovac, 2022.



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES  
Trg J.J.Strossmayera 9  
HR-47000, Karlovac, Croatia  
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510  
Fax. +385 - (0)47 - 843 - 579



## VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Stručni / specijalistički studij: Specijalistički diplomski studij Sigurnosti i zaštite

Usmjerenje: Zaštita od požara

Karlovac, 2022.

### ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Josip Brlečić

Matični broj: 0416617027

Naslov: STABILNI I POLUSTABILNI SUSTAVI ZA HLAĐENJE I GAŠENJE U  
RAFINERIJI NAFTE SISAK

Opis zadatka:

Predmet rada su *Stabilni i polustabilni sustavi za hlađenje i gašenje u Rafineriji nafte Sisak*, a cilj rada je ukazati na opće karakteristike, specifičnosti te važnost stabilnog i polustabilnog sustava za hlađenje i gašenje u Rafineriji nafte Sisak sa svrhom zaštite objekata te ljudstva Rafinerije u slučaju nastanka požara i eksplozija.

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datum obrane:

15.12.2021.

15.06.2022.

23.06.2022.

Mentor:

Dr.sc. Zvonimir Matusinović v.pred.

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

Mag.ing.cheming. Lidija Jakšić pred.

# PREDGOVOR

U ovom radu dan je pregled temeljnih sustava za gašenje požara u rafinerijama. Radom je pobliže pojašnjena važnost, način djelovanja te specifičnosti stabilnih i polustabilnih sustava za hlađenje i gašenje u Rafineriji nafte Sisak. Ovaj rad može poslužiti kao priručnik za sve one koji se izravno ili neizravno bave poslovima vezanim za sigurnost i zaštitu na radu, konkretno sustavima za gašenje požara u rafinerijama, a posebice studentima u pisanju stručnih radova iz područja sigurnosti i zaštite na radu te svima koji rade u industriji nafte i naftnih derivata.

Materijali za izradu rada prikupljeni su tijekom mjesec dana, a autor rada ih je prikupljao u knjižnici Veleučilišta u Karlovcu, Gradskoj knjižnici Ivan Goran Kovačić u Karlovcu, na internet stranicama Ministarstva zaštite okoliša, te sam pri izradi rada koristio i internu dokumentaciju Rafinerije nafte Sisak. S ciljem izrade rada proučavani su i magistarski radovi na slične teme pisani u razdoblju od 2015. do 2021. godine. Ovaj je završni rad pisan individualiziranim pristupom, koji podrazumijeva individualne sposobnosti i predznanje osnovne materije od strane autora kao i stečeno radno iskustvo autora rada koje je svakako imalo pozitivan učinak pri izradi ovog rada.

Rad sadrži uvod, opće karakteristike nafte i naftnih derivata, opće podatke o Rafineriji nafte Sisak, zatim elemente sustava opskrbe vodom u Rafineriji nafte Sisak te karakteristike i posebnosti te primjenu stabilnih i polustabilnih sustava za hlađenje i gašenje u Rafineriji nafte Sisak nakon čega slijedi kratki prikaz gašenja požara na spremniku sa plutajućim krovom u Rafineriji nafte Sisak tijekom Domovinskog rata. Rad završava zaključkom, popisom literature korištene pri izradi rada te popisom priloga.

Izabranom te prikazanom koncepcijom ne izlazi se iz zadanih okvira, a ujedno se osigurava više prostora za praktičnu namjenu, a to je sačuvati sažeti materijal koji može poslužiti u obrazovanju ili usavršavanju stručnjacima iz područja zaštite na radu. Rad sadrži brojne fotografije, shematske prikaze, tablice te druge korisne sadržaje koji su do sada parcijalno obrađivani u domaćoj te stranoj stručnoj literaturi. Rad je rezultat stečenog znanja autora tijekom pohađanja odjela Sigurnosti i zaštite na Veleučilištu u

Karlovcu te proučavanja niza domaćih i inozemnih stručno-znanstvenih materijala. Onima koji budu željeli proširiti svoja znanja iz područja stabilnih te polustabilnih sustava za hlađenje i gašenje u rafinerijama na raspolaganju je stručna literatura pobrojana na kraju ovog rada.

Ovom se prilikom posebno zahvaljujem se svom mentoru dr.sc. Zvonimiru Matusinoviću na prenesenom znanju te svim savjetima i pomoći pri izradi ovog diplomskog rada. Zahvaljujem se također svim profesorima Veleučilišta u Karlovcu, Odjela Sigurnosti i zaštite te svojim kolegama na pruženoj potpori tijekom razdoblja mog obrazovanja. Također se zahvaljujem obitelji koja mi je uvijek bila najveća podrška kada je to bilo potrebno.



## SAŽETAK

Mogućnost korištenja nafte te naftnih derivata uvelike je izmijenilo te unaprijedilo ljudsku civilizaciju. Djelatnosti koje se odvijaju u rafinerijama diljem svijeta, pa tako i u Rafineriji nafte Sisak ubrajaju se u rizične djelatnosti te su podložne brojnim opasnostima, posebice onim od nastanka požara i eksplozija. Područje zaštite od požara je područje ljudske djelatnosti koje se neprestano unapređuje u skladu sa tehnološkim napretkom društva. Sustav zaštita od požara Rafinerije nafte Sisak svakodnevno se suočava sa brojnim izazovima kako bi se održala te unaprijedila sigurnost objekata te ljudstva Rafinerije. U rafinerijama se razlikuju pasivni i aktivni sustavi zaštite od požara, čiji su sastavni dio stabilni te polustabilni sustavi za hlađenje i gašenje. Sve se pravne te fizičke osobe koje se na bilo koji način bave djelatnošću nafte te naftnih derivate na području Republike Hrvatske moraju redovito pridržavati svih propisanih zakonskih mjera te odredbi zaštite od požara na području države te važećih međunarodnih normi.

**Ključne riječi :** *nafta, naftni derivati, Rafinerija nafte Sisak, zaštita od požara, stabilni sustavi za hlađenje i gašenje, polustabilni sustavi za hlađenje i gašenje, zakonske mjere.*

## **ABSTRACT**

The possibility of using oil and petroleum products has greatly changed and improved human civilization. Activities that take place in refineries around the world, including the Sisak Oil Refinery, are considered risky activities and are subject to numerous hazards, especially those caused by fires and explosions. The field of fire protection is an area of human activity that is constantly improving in accordance with the technological progress of society. The Sisak Oil Refinery's fire protection system faces numerous challenges on a daily basis in order to maintain and improve the safety of the Refinery's facilities and personnel. The refineries distinguish between passive and active fire protection systems, of which stable and semi-stable cooling and extinguishing systems are an integral part. All legal and natural persons engaged in any activity of oil and petroleum products in the Republic of Croatia must regularly comply with all prescribed legal measures and fire protection provisions in the country and applicable international standards.

**Keywords** : *petroleum, petroleum products, Sisak Oil Refinery, fire protection, stable cooling and extinguishing systems, semi-stable cooling and extinguishing systems, legal measures.*

# SADRŽAJ

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA.....	I
PREDGOVOR.....	II
SAŽETAK.....	III
ABSTRACT .....	IV
1.UVOD.....	1
1.1._Predmet i cilj rada.....	2
1.2._Izvori podataka i metode prikupljanja .....	2
2._NAFTA I NAFTNI DERIVATI .....	3
2.1._Proces proizvodnje nafte i plina.....	5
3._RAFINERIJA NAFTE SISAK .....	8
3.1._Požarni sektori nafte i naftnih derivata .....	13
3.2._Opasnosti prilikom skladištenja nafte i naftnih derivata te zaštita spremnika ....	16
3.3._Procjena rizika i preventivne mjere zaštite spremnika.....	17
3.4._Specifičnosti nastanka požara i eksplozija u spremnicima .....	21
3.5._Mjere prve pomoći.....	24
3.6._Tehničko – tehnološke mjere zaštite spremnika.....	25
3.7._Sustav obavještanja i uzbunjivanja u slučaju nastanka nesreće.....	27
3.8._Interventne mjere u slučaju nastanka požara i drugih vrsta nesreća.....	28
3.9._Postrojbe i materijalno – tehnička sredstva u slučaju nesreća .....	32
4._ELEMENTI SUSTAVA OPSKRBE VODOM U RNS.....	35
4.1._Izvori za opskrbu vodom .....	35
4.1.1._Trajni izvor za opskrbu vodom.....	35
4.1.2._Postrojenja za opskrbu vodom .....	36
4.2._Cjevovodi i armature .....	40
4.3._Vatrogasna pumpaonica KP-6 .....	40
4.4._Hidrantska mreža .....	43
5._STABILNI I POLUSTABILNI SUSTAVI ZA HLAĐENJE I GAŠENJE U RNS .....	47
5.1._Stabilni i polustabilni sustavi za gašenje požara pjenom.....	48
5.1.1._Stabilni sustav gašenja požara pjenom .....	49

5.1.2._Polustabilni sustav gašenja požara pjenom .....	50
5.2._Uređaji za gašenje požara raspršenom vodom .....	52
5.3._Stabilni sustavi za gašenje požara vodenom parom .....	55
5.4._Bacači voda/pjena .....	55
5.4.1._Stabilni bacači voda/pjena na punilištu željezničkih cisterni .....	57
5.4.2._Stabilni bacači voda/pjena oko postrojenja SRU .....	58
5.4.3._Bacači voda/pjena na KP-5 .....	59
5.4.4._Stabilni bacači u luci Crnac .....	61
5.4.2._Mobilni prijevozni bacači voda/pjena oko postrojenja KP-6 .....	62
5.4.3._Mobilni prijevozni bacači na KP-7.....	63
5.5._Vanjska hidrantska mreža .....	64
6._PRIMJER GAŠENJA POŽARA NA SPREMNIKU SA PLUTAJUĆIM KROVOM..	67
7._ZAKLJUČAK .....	69
8._LITERATURA .....	70
9._PRILOZI .....	71
9.1._Popis slika .....	71
9.2._Popis tablica.....	72

## 1.UVOD

Rafinerija nafte Sisak je rafinerija čija je temeljna djelatnost prerada nafte i naftnih derivata te manipulacija istima. U rafinerijama postoji mogućnost za nastanak brojnih opasnosti, ponajprije požarnih. Prema Pravilniku o razvrstavanju građevina, građevinskih dijelova i prostora u kategorije ugroženosti od požara (Narodne novine br. 92/10) Rafinerija nafte Sisak nalazi se u Ia kategoriji ugroženosti od požara. Zbog potencijalno velikih opasnosti koje proizlaze iz procesa prerade nafte i naftnih derivata te prema odredbama postojeće zakonske regulative, poslodavac je dužan organizirati službu zaštite od požara s vatrogasnom postrojbom i odgovarajućim brojem djelatnika za obavljanje unutarnjeg nadzora nad provedbom mjera zaštite od požarnih opasnosti.

Nužno je konstantno ulagati u zaštitu na svim područjima, posebice u zaštitu na radu za sve djelatnike rafinerije te kontinuirano ulagati u održavanje adekvatne opremljenosti vatrogasne postrojbe kako bi se sigurno i kvalitetno moglo djelovati u slučajnu nastanka nesreća. U tu svrhu Rafinerija nafte Sisak ima vlastitu profesionalnu vatrogasnu postrojbom čiji je zadatak da taktičkim mjerama zaštite život oko 500 radnika koji su neprestano izloženi opasnostima od požara i eksplozije. Na području Rafinerije nafte Sisak usprkos svim poduzetim mjerama zaštite te prevencije nastanka raznih nesreća može doći do ugroze zbog izbijanja raznih vrsta zapaljivih materijala, izljevanja, ljudskog faktora nepažnje, djelovanja prirodne nepogode i slično, stoga je nužno redovito održavati svu opremu te kontinuirano ulagati u edukaciju radnika za rad na siguran način od strane stručnjaka.

Kako su rafinerijska postrojenja visoko rizična, zaštita od požara stabilnim sustavima za gašenje i hlađenje vodom unutar rafinerijskih postrojenja je osnovna zaštita koja se nadograđuje s polustabilnim sustavima za gašenje pjenom, stabilnim i polustabilnim bacačima, parom i slično. Kvalitetan sustav zaštite od požara podrazumijeva planiranje zaštite od požara, propisivanje mjera zaštite od požara, financiranje zaštite od požara te osposobljavanje i ovlašćivanje za obavljanje poslova zaštite od požara, s ciljem pružanja sigurnosti te zaštite života i zdravlja ljudi i životinja, ali i očuvanja materijalnih

dobara rafinerije, okoliša i prirode od požara, uz društveno i gospodarski prihvatljiv požarni rizik.

### **1.1.\_Predmet i cilj rada**

Predmet ovog diplomskog rada su stabilni i polustabilni sustavi za hlađenje i gašenje u Rafineriji nafte Sisak. Cilj rada je ukazati na važnost pravovremenog, adekvatnog te kontinuiranog ulaganja u stabilne te polustabilne sustave za hlađenje i gašenje koji predstavljaju temelj za zaštitu od požara i eksplozija u Rafineriji nafte Sisak te kao takvi uvijek moraju biti spremni za sigurnu upotrebu od strane vatrogasnih postrojbi kako bi se zaštitio život te zdravlje ljudi i životinja, očuvao okoliš te materijalna dobra Rafinerije.

### **1.2.\_Izvori podataka i metode prikupljanja**

Kako bi se što kvalitetnije istražila problematika rada korišteni su različiti izvori podataka, od internet stranica do stručnih knjiga područja zaštite od požara te industrije nafte. Rad istražuje i analizira postojeće (sekundarne) podatke. Pri prezentaciji podataka korištene su znanstvene metode analize, klasifikacije, indukcije, dedukcije i deskripcije. Podaci su prikupljeni metodom engl. “*desk*” istraživanja i engl. “*field*” istraživanja.

## 2.\_NAFTA I NAFTA NI DERIVATI

Nafta dolazi u tekućem agregatnom stanju, tamno smeđe je boje te ima karakterističan miris po ugljikovodicima. Vrelište nafte se odvija na temperaturi od 52.7 do -371.5°C, a plamište na temperaturi višoj od -31°C.[1] Tlak pare nafte iznosi 44.0 kPa, a gustoća je 836,33 kg/m<sup>3</sup> na 15°C.[1] Nafta je lakša od vode, a specifična težina joj se kreće unutar granica (od 0.75 do 1.00).[1] Početno vrelište se razlikuje ovisno o vrsti nafte. Nafte ispod specifične težine 0,9 imaju vrelište ispod 1000°C, a teže nafte iznad 100°C (kreću se u razmaku od 1620 do 4000°C).[1] Topljivost (ksilena, toluena) je dobra, dok su isti u vodi slabo topljivi. Viskoznost nafte na 20°C iznosi 5.232 mm<sup>2</sup>/s.[1] Nafta se vrednuje prema sadržaju laganijih frakcija (benzin, petrolej i plinsko ulje) i količini sumpora. Što je više lakih frakcija i manje sumpora, nafta ima veću vrijednost.

Nafta se kao sirovina koristi u različitim industrijskim granama, a derivati nafte mogu biti energenti, koristiti se u kemijskoj, prehrambenoj, petrokemijskoj te drugoj industriji. Sastojci nafte su zapaljivi, stoga svojstvo lagane hlapljivosti čini naftu lakozapaljivom, pa su pri eksploataciji, prijevozu i uskladištenju potrebne stroge mjere zaštite od zapaljenja. Nafta se u sloju uvijek nalazi zajedno s plinom, koji je u njoj otopljen. Kako slojni tlak istiskuje naftu iz sloja prema površini, tlak pada i plin se oslobađa iz nafte.[1] Naftni plinovi su također zapaljivi te su ujedno i visokovrijedno gorivo. Nafta je stabilna pri propisanim uvjetima korištenja i skladištenja. Ne polimerizira. Potrebno je ukloniti sve izvore paljenja, toplinu i otvoreni plamen. Inkompatibilni materijali su jaki oksidansi.[1]

Kada dođe do požara nafte i naftnih derivata kao sredstva gašenja koriste se razne pjene, prah, CO<sub>2</sub> (za zatvorene prostore). Kod požara nafte i naftnih derivata važno je izbjegavati vodeni mlaz, ukloniti sve izvore zapaljenja te obavijestiti nadležnu vatrogasnu službu i policiju. Postoje i posebne metode za gašenje požara nafte i naftnih derivata, pa tako raspršenom vodom treba hladiti spremnike, opremu i pristup požarištu, dok se primjerice vodena magla te sprejevi za hladnje koriste kod površina neoštećenih spremnika izloženih toplini i za zaštitu osoba. Samo osobe uvježbane za protupožarnu zaštitu mogu koristiti vodeni sprej (raspršena voda). Posebna oprema za zaštitu

vatrogasaca obuhvaća termoizolacijsko odijelo i samostalni uređaj za disanje s otvorenim krugom sa stlačenim zrakom (HRN EN 137).[2]

Mjere slučajnog ispuštanja nafte i naftnih derivata mogu uzrokovati požar i eksploziju i u tom je slučaju nužno koristiti sredstva osobne zaštite te utvrditi područje opasnosti i spriječiti istjecanje i izlivanje u vodotokove, kanale, drenažne sustave i tlo iskapanjem zaštitnog jarka, ograđivanjem vrećama napunjenim suhim pijeskom, zemljom ili glinom.[1] Izlivanja na vodama treba ograditi plutajućim branama te provesti pretakanje u neoštećeni spremnik uz ostale mjere kako bi se prevenirala pojava statičkog elektriciteta koji uzrokuje požar i eksploziju. Iz oštećenog spremnika se pumpom u sigurnosnoj izvedbi pretakanje vrši u prazan spremnik te uklonja ostatak s tla koristeći adsorpcijska sredstva kao što su pijesak, piljevina i slično.

Otpadni materijal i uklonjeni kontaminirani površinski sloj tla treba staviti u spremnike i čvrsto zatvoriti, te do zbrinjavanja skladištiti u dobro prozračenim prostorijama. Proizvod nema klasičan otpad, osim u slučaju nenamjernog ispuštanja. Isti trebaju zbrinuti pravne osobe ovlaštene za zbrinjavanje opasnog otpada od strane ministarstva nadležnog za zaštitu okoliša uz strogo poštivanje zakonskih odredbi o zbrinjavanju opasnog otpada na području Europske unije čiji je punopravna članica od 2013. godine i Republika Hrvatska.

Prilikom rukovanja i skladištenja nafte i naftnih derivata nužno je pridržavati se mjera zaštite na radu i zaštite od požara te držati iste daleko od izvora topline i ukloniti sve izvore paljenja. Potrebno je osigurati dobro provjetravanje prostora te pretakanje provoditi na otvorenom prostoru s ispravnom propisanom opremom. Spremnici moraju biti izvedeni i opremljeni prema propisima za zapaljive tekućine. Posebno treba izbjegavati skladištenje u blizini vodotokova.[2] Nafta i naftni derivati mogu izazvati oštećenje pluća ako se progutaju. Kod osjetljivih ljudi može se pojaviti crvenilo kože i peckanje. Sirova nafta može kod ljudi uzrokovati pojavu karcinoma, a toluen utječe na smanjenje plodnosti. Nafta i naftni derivati su štetni za vodene organizme te pogubno djeluju na vodena staništa, a predstavljaju i opasnost za organizme koji žive u tlu.



## 2.1. \_Proces proizvodnje nafte i plina

Nafta je čovjeku poznata od davnina, no njezina je eksploatacija u prošlosti bila lokalna i zanemariva u usporedbi sa današnjom. Znatnija proizvodnja te upotreba nafte i naftnih derivata počinje u 19. stoljeću. Godine 1859. u Pennsylvaniji je Amerikanac E. L. Drake izbušio prvu bušotinu što se smatra početkom industrijske proizvodnje.[3] U Ploiesti u Rumunjskoj 1856. godine otvorena je prva velika rafinerija koja se koristila za dobivanje petroleja i masti za podmazivanje.[3] Najveći kompleks rafinerija je „Centro de Refinación de Paraguaná“ u Venezueli kapaciteta 956 000 barela na dan.[3] Nafta se počela znatno više upotrebljavati razvojem auto industrije u 20. stoljeću, a kasnije je preuzela važnost pri proizvodnji električne energije i u pomorskom prometu. Proizvodnja počinje istraživanjem nalazišta temeljem geoloških i geofizičkih rezultata.

Ležišta nafte se uz geološku klasifikaciju, prema sadržaju dijele na :

1. naftna ležišta,
2. plinska ležišta,
3. plinsko-kondezantna ležišta.[1]

Prvo se određuje ležište nafte nakon čega se pristupa bušenju istražne bušotine. Ako je ta bušotina pozitivna, odnosno ako su količine nafte i plina koje su nađene ekonomski opravdane u nju se spuštaju zaštitne cijevi, a prostor između cijevi i stijenke bušotine se puni cementom čime se dobiva hermetička posuda, u kojoj se na dubini dosega nafte buše otvori, kroz koje je omogućen dotok nafte i plina iz sloja u bušotini.[3] Nafta ili plin pod pritiskom izlaze na površinu kroz uzlazne cijevi, koje su uronjene u bušotinu. Nafta u sloju uvijek sadrži otopljeni plin, pa kada slojni tlak istiskuje naftu iz sloja prema površini, tlak pada i plin se oslobađa iz nafte.[2] Crpljenje nafte je opasan posao jer uz visoke tlakove, zapaljive plinove koji izlaze s naftom koja je zapaljiva i sirovom stanju, često su prisutni sastojci ugljik dioksid ( $\text{CO}_2$ ) i vodik sulfid ( $\text{H}_2\text{S}$ ) koji korozivno djeluju na čelik koji je nužno kemijski zaštititi kako ne bi došlo do propuštanja cjevovoda, potencijalnih požarnih opasnosti te mogućnosti trovanja.

Bušenje se odvija na kopnu te morskom dnu uz pomoć bušćih naftnih platformi. Nakon završetka bušenja proizvodne bušotine se opremaju podzemno i nadzemno kako bi bile spremne za proizvodnju, a proizvodnja ovisi o količinama i tlakovma u ležištu, pa može biti :

1. eruptivna,
2. plinsko podizanje,
3. proizvodnja dubinskim sisaljka s klipnim šipkama.[3]

Najpoželjniji način proizvodnje je eruptivni jer prirodna energija ležišta istiskuje naftu i plin, a ukoliko energija ležišta nije dovoljna za proizvodnju, upotrebljavaju se metode plinskog podizanja ili podizanja dubinskim sisaljka što proizvodnju čini skupljom zbog dodatne energije nužne u procesu crpljenja.[3] Kada se nafta i plin izvade transportiraju se do postrojenja za preradu, rafinerije za preradu nafte, a plin na postrojenja za preradu plina. Kad nema izgrađenog transportnog cijevovoda odvoz sirove nafte je moguć i autocisternama, no to nije isplativo ako je proizvodnja velika.

Prema vrsti fluida koji kroz njih protječu cijevovodi se dijele na naftovode, plinovode i slično. Nakon istraživanja, proizvodnje i transporta u postrojenjima za preradu naftnih derivata se dobivaju gotovi proizvodi. U rafinerijama se preradom sirove nafte dobiva motorni benzin koji je pogonsko gorivo za motore sa unutarnjim sagorijevanjem (Otto), Mlazno gorivo, kerozin, petrolej, diesel gorivo koje služi za pokretanje diesel motora, mineralna ulja i masti koja, loživo ulje, bitumen, naftni koks, parafin te olefinski i aromatski ugljikovodici, a u postrojenjima za preradu plina razni ugljikovodici poput metana, propana, butana i slično.[1]

Benzinu, dieselu i loživom ulju se dodaje boja koja ima i miris kako bi krajnji korisnici mogli razlikovati gorivo, dok je ukapljeni naftni plin mješavina propana i butana te je pogonsko gorivo u automobilima i kao gorivi plin u kućanstvima.[1] U mješavinu se ddaje aromatski ugljikovodik kako bi imao specifičan miris na osnovu čega korisnici mogu detektirati kada dođe do propuštanja. Gotovi produkti nafte i plina se čuvaju u spremnicima za zapaljive tekućine koji mogu biti stabilni, polustabilni ili prijenosni.

Spremnici plina mogu biti nadzemni i podzemni. Obujam spremnika po definiciji je veći od 250 l, dok posude za zapaljive tekućine imaju obujam do 250 l i mogu se zatvoriti.[2]

Izvedba nadzemnih spremnika prema konstrukciji može biti s :

1. čvrstim krovom,
2. oslabljenim spojem između krovnog lima i plašta,
3. plutajućim krovom,
4. sigurnosnim odušnim ventilom koji dozvoljava ili ne dozvoljava unutarnji tlak u spremniku veći od 0,1 bar.[2]

Svaka zapaljiva tekućina može se upaliti na temperaturi plamišta ili samozapaljenja. Gorenje nafte i naftnih derivata ubraja se požarne razrede B i C.[2] Kod požara ugljikovodika zbog nepotpunog sagorijevanja specifična je veća pojava crnog dima. Požari razreda B su požari tekućina, no ne gore tekućine, već pare. U razred požara C spadaju plinovi, koji kod nepotpunog sagorijevanja razvijaju crni gusti dim. Gašenje spremnika s zapaljivim tekućinama se ne smije gasiti vodom zbog toga što naftni derivati imaju specifičnu težinu manju od 1, pa su lakši od vode, pa bi u slučaju gašenja vodom voda bi sjela na dno te bi se podigla razina zapaljene tekućine i došlo bi do širenja požara zbog izlivanja izvan spremnika.[2]

Gašenje zapaljivih tekućina se vrši pjenom, a hlađenje vanjskih stijenki spremnika se vrši vodom. Moguće je gašenje prahom za razrede požara B.[2] Gašenje požara plina se gasi prahom za razrede požara C, te se može gasiti raspršenom vodom ili vodenom maglom.[2] Manji požari zapaljivih tekućina i plinova se mogu gasiti sa CO<sub>2</sub> ako su u zatvorenim prostorima jer na otvorenom prostoru vjetar puhanjem smanjuje koncentraciju CO<sub>2</sub> čime utječe na učinak gašenja. Uzroci požara nafte i naftnih derivata mogu biti različiti od atmosferskog pražnjenja, statičkog elektriciteta, nepridržavanja sigurnosnih procedura tijekom manipulacije ili izvođenja sanacijskih radova do terorističkih činova. Požari spremnika nisu česti, no veliki su izazov za vatrogasce zbog velikih količina goriva i jer su građeni u grupama, stoga je uz gašenje spremnika nužno

vršiti i šticeenje okolnih spremnika jer lako može doći do širenja požara te nesreće većih razmjera.

### **3.\_RAFINERIJA NAFTE SISAK**

Rafinerija nafte Sisak je smještena u južnoj industrijskoj zoni grada Siska, a obuhvaća područje od 171 ha gdje su izgrađeni objekti namijenjeni za tehničke i administrativne poslove, preradbena postrojenja, skladišni prostor i svi prateći objekti. Rafinerija nafte Sisak je omeđena sa četiri strane. Sa sjeverne strane omeđena je željezničkom prugom Sisak – Sisak predgrađe, s južne strane livadama i poljima sela Crnac, s istočne strane rijekama Kupom i Savom te Termoelektranom Sisak, dok se sa zapadne strane nalaze ulice A. Kovačića, B. Adžije i Braće Bobetko.[4]

Rafinerija nafte Sisak predstavlja zaokruženu tehnološku cjelinu prerade nafte koja obuhvaća sljedeće djelatnosti :

- dopremu sirove nafte,
- preradu nafte,
- namješavanje proizvoda,
- otpremu produkata,
- proizvodnju struje, vode i pare,
- obradu otpadnih voda.[4]

Domaća nafta se doprema u Rafineriju kroz naftovod iz Stručca (Moslavina), te riječnim teglenicama u Luci Crnac (Slavonija).[4] Uvozna nafta koja se prerađuje dolazi iz luke Omišalj te se transportira Jadranskim naftovodom do Rafinerije ili iz smjera Mađarske (Virje). U Rafinerij nafte Sisak se odvijaju proizvodni procesi za primarnu i sekundarnu preradu sirove nafte. Primarna prerada sirove nafte obuhvaća process fizičke separacije ugljikovodika u nafti, dok sekundarna prerada obuhvaća kemijske transformacije proizvoda dobivenih primarnom preradom te njihovog fizičkog razdvajanja u proizvode od kojih su neki konačni rafinerijski proizvodi, dok se od drugih namješavanjem

blendingom dobiva konačni rafinerijski proizvod. Nakon izvršene kontrole kvalitete proizvodi se otpremaju na tržište.

U Rafineriji nafte Sisak za pohranu su važni nadzemni spremnici nafte te naftnih derivate smješteni u južnom dijelu, u prostoru Dorade i manipulacije koja se proteže na ravnoj površini od 498.300 m<sup>2</sup> geodetske visine 98 metara nad morem.[4] U prostoru Dorade i manipulacije zaposlen je ukupno 81 djelatnik, od kojih 75 radi u kontinuiranom smjenskom radu , a 6 djelatnika radi u prvoj smjeni.[4]

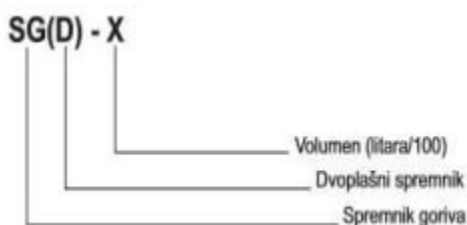
U prostoru Dorade i manipulacije odvijaju se :

- primanje sirove nafte,
- primanje gotovih proizvoda i poluproizvoda s preradbenih postrojenja,
- tehnološko doradivanje proizvoda i poluproizvoda,
- skladištenje proizvoda i poluproizvoda.

Manipulacija se odvija prema potrebi prerade na proizvodnim postrojenjima, putem sustava cjevovoda i pumpaonica prema tehnološkom modelu. Spremnici goriva služe za skladištenje različitih vrsta tekućih goriva, ulja za grijanje i sličnih tekućina maksimalne gustoće do 1.1\_kg/l, što prema odgovarajućoj normi HRNEN12285-1 svrstava spremnike u klasu A.[4] Postoje jednoplašni i dvoplašni spremnici. Jednoplašni spremnici se koriste u slučaju kada je spremnik smješten u prostor koji štiti okolinu od eventualnog istjecanja goriva. Dvoplašni spremnici nemaju ograničenja s obzirom na smještaj spremnika, a omogućuju kontinuiranu kontrolu nepropusnosti (podtlakom ili pretlakom) te su posve sigurni za primjenu. Kućište spremnika je cilindričnog oblika sa podnicama na krajevima, a izvodi se u zavarenoj izvedbi.

Spremnici se proizvode u 16 veličina, a dimenzijama i načinom izrade prilagođeni su DIN, odnosno EN normama (HRN EN 12285-1 i HRN EN 12285- 2).[5] Unutrašnjost spremnika se sastoji od dva dijela, od kojih je svaki opremljen opremom za samostalno funkcioniranje. Priključci su smješteni u zaštitno okno koje omogućava pristup priključcima, zaštitu priključaka i zaštitu okoline. Spremnici se smještaju na betonsko ili

čelično postolje. Nadzemni spremnici vertikalnog cilindričnog tipa se sastoje od korita spremnika, sekundarnog sistema sigurnosti i sistema cjevovoda. Korito spremnika čini dno spremnika, omotač (zidovi) i krov. Omotač ovog spremnika (zidovi) su debljine 5 mm, širine pojasa 150 cm.[4] Korito spremnika se radi od čeličnih prstenova određene širine, koji se vare jedan za drugi, a debljina donjih prstenova je veća kako bi donje strane omotača mogla podnijeti veći pritisak. Spremnici imaju dvostruki zid te su načinjeni od dva korita, unutarnjeg i vanjskog, pri čemu je vanjsko korito 10% veće od unutarnjeg.[4] Iako oba korita imaju sigurnosne ventile, prema propisima je nužno redovito pratiti prostor između korita spremnika tlakom od 0.5 bara, kako bi se pravovremeno signaliziralo propuštanje unutarnjeg korita ako do toga dođe. Slika 1 prikazuje označavanje spremnika nafte i naftnih derivata.



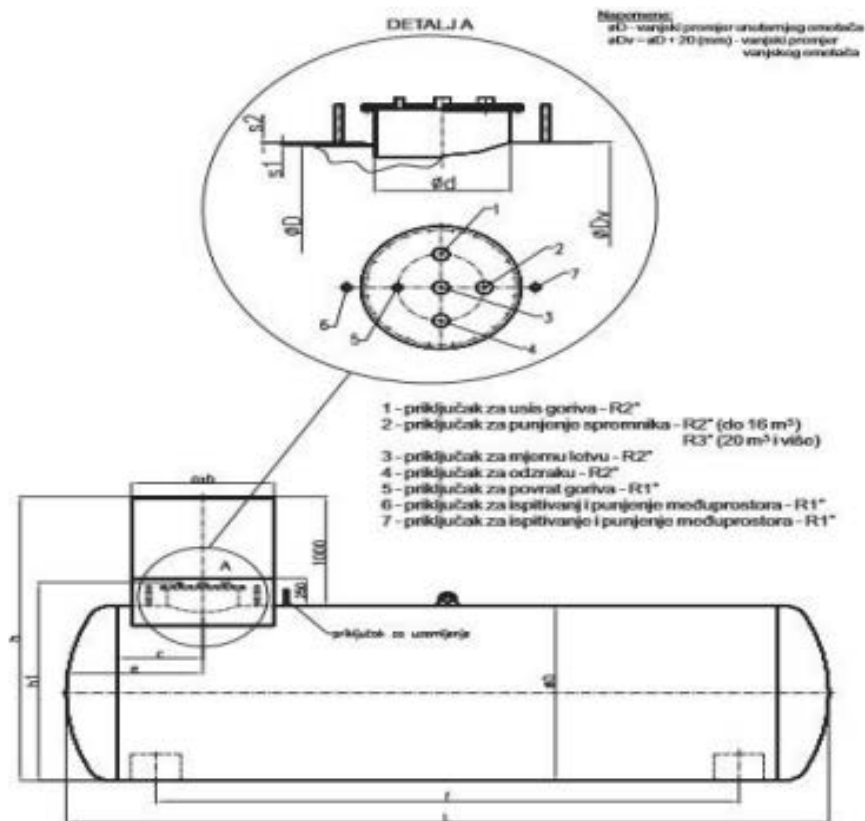
Slika 1. Označavanje spremnika nafte i naftnih derivata.[5]

Nadzemni spremnici nafte i naftnih derivata Rafinerije nafte Sisak su izrađeni od galvaniziranog rebrastog čelika kvalitete S235JRG2 (prema normi HRN EN 10025-2:2004), a priključci od galvaniziranih čeličnih cijevi kvalitete St 37.0 (prema normi DIN 1629:84), odnosno P235TR1 (prema normi HRN EN 100216-1).[5] Spremnici imaju specifičan dizajn i konstrukciju, valovito galvaniziranu čeličnu oplatu, i predstavljaju nepropusna, hermetički trajna i kvalitetna skladišta. Izdržljivi su i nepropustljivi, a zbog procesa hladne galvanizacije ne korodiraju i ne postoji opasnost od curenja uslijed dotrajalosti. Površinski se ovi spremnici tretiraju slojem cinka. Kapacitet nadzemnih spremnika se kreće u opsegu od 1.000 do 150.000 m<sup>3</sup>. [5] Kapaciteti nadzemnih spremnika za skladištenje manjih količina tekućih goriva kreću se u rasponu od 1.000\_5.000 m<sup>3</sup>, a za veće količine od 10.000\_20.000 m<sup>3</sup>. [5]

Spremnici su opremljeni priključkom za:

- usis goriva \_ R2",
- punjenje spremnika \_ R2" (do 16m<sup>3</sup> ), R3" (20m<sup>3</sup> i više),
- mjernu letvu \_ R2",
- odzraku \_ R2",
- povrat goriva \_ R1",
- ispitivanje i punjenje međuprostora \_ R1" (kod dvoplašnih spremnika),
- ispitivanje i punjenje međuprostora \_ R1" (kod dvoplašnih spremnika) [4].

Svi priključci su s vanjskim navojem, duljine 60 mm.[4] Kod izgradnje spremnika nužno je provesti testiranje na udar, toplinska svojstva, udar projektila te testiranje opterećenja spremnika teretom. Za ugradnju spremnika potrebno je ishoditi građevinsku dozvolu i svu potrebnu dokumentaciju koja se zahtijeva prema pravilima protupožarne zaštite i zaštite na radu. Slika 2 prikazuje presjek spremnika nafte i naftnih derivate Rafinerije nafte Sisak.



Slika 2. Presjek spremnika nafte i naftnih derivate u Rafineriji nafte Sisak.[5]

Spremnici goriva se najčešće ugrađuju ispod razine tla u posebno pripremljene iskope, no također se mogu ugraditi u prostorije ili na otvorenom poput spremnika nafte i naftnih derivata Rafinerije nafte Sisak, u vidu nadzemnih spremnika. Postolje spremnika ne smije sprečavati uzdužnu toplinsku dilataciju spremnika, pa zavarena čelična postolja ne smiju biti fiksno učvršćena za podlogu i spremnik.[5]

Kod smještaja spremnika na otvorenom potrebno je posebnu pažnju posvetiti zaštiti spremnika i okoline od požara, te osigurati dovod vode i ostala sredstva za gašenje požara tipa C (nafta i naftni derivati). Na spremnicima se osiguravaju priključci za uzemljenje te se najčešće postavljaju na dva postolja zavarena za spremnik ili pomična, ovisno o tipu spremnika. Izrađuje se iz čelika kvalitete S235JRG2 (prema normi HRN EN 10025-2). Postolja su dimenzijama i načinom izrade prilagođena normi DIN28080, izvedbi BV.[5] Podnožna ploča ima provrte za učvršćenje postolja na temeljnu ploču, a rebra imaju provrte za priključak uzemljenja. U slučaju nadzemnih spremnika, postolja se premazuju bitumenskom ljepenkam. Postolja spremnika goriva nisu standardna oprema spremnika, već se posebno naručuju. Slika 3 prikazuje način označavanja postolja goriva.



Slika 3. Označavanje postolja goriva.[5]

Uz spremnike goriva isporučuje se standardna dodatna oprema u koju se ubraja :

- kapa za punjenje,
- odzračna kapa,
- aluminijska mjerna letva (tvornički baždarena).[4]

Prema narudžbi izrađuje se:

- zaštitno čelično okno s poklopcem (u dva dijela, visine  $H=250+750\text{mm}$ ),

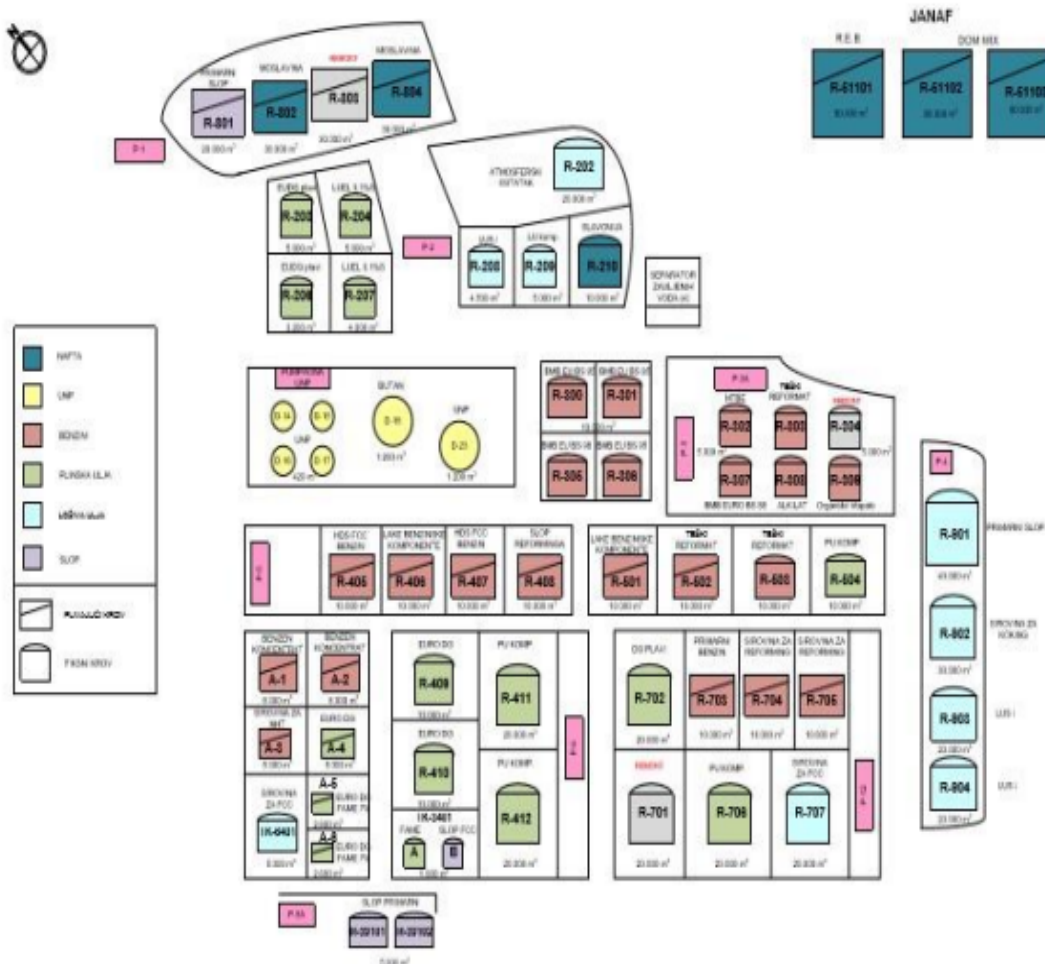


- postolje za spremnik goriva.[5]

Razni oblici zaštitnih ograda te druga oprema nužna u eksploataciji, nisu dio standardne opreme te se naručuju zasebno.

### 3.1. Požarni sektori nafte i naftnih derivata

Situacije ugrožavajuće po život te zdravlje ljudi, materijalna dobra i sigurnost okoliša karakteristična za preradu te skladištenje nafte i naftnih derivata u Rafineriji nafte Sisak nalaze na području Dorade i manipulacije. Slika 4 prikazuje raspored spremnika nafte i naftnih derivata na području Rafinerije nafte Sisak.



Slika 4. Raspored spremnika nafte i naftnih derivata na području Rafinerije nafte Sisak.[5]

Prostor Dorade i manipulacije čini 27 prostorno grupiranih građevina, a nafta se skladišti u spremnicima sa tehničkim oznakama R-51101, R-51102, R-51103, R-801, R-802 i R-804, dok se naftni derivati nalaze u spremnicima pod oznakama prikazanim na slici 4. Požarni sektori spremnika nafte i naftnih derivata Rafinerije nafte Sisak su :

1. požarni sektor 1 \_ grupa spremnika 800 (R-801, 802, 803 i 804) s pumpaonicom P-1, ukupna površina 71.206 m<sup>2</sup>, ukupni volumen 110.000 m<sup>3</sup>, vrsta gorive tvari, sirova nafta i slop, prosječna gustoća 850 kg/m<sup>3</sup>, (ukupno 9 93.500.000 kg), toplina izgaranja 44 MJ/kg, uz visoko požarno opterećenje (> od 2 GJ /m<sup>2</sup>),
2. požarni sektor 2 \_ grupa spremnika 200 (R-203, R-204, R-206 i R-207) površina 19.800 m<sup>2</sup>, ukupni volumen spremnika 16.900 m<sup>3</sup>, vrsta gorive tvari, LU, i DG, prosječna gustoća 868 kg/m<sup>3</sup>, (ukupno 14.669.200 kg), toplina izgaranja 44 MJ/kg, uz visoko požarno opterećenje (> od 2 GJ /m<sup>2</sup>),
3. požarni sektor 3 \_ grupa spremnika 200 (R-202, 208, 209 i 210), površina 22.000 m<sup>2</sup>, ukupni volumen spremnika 39.300 m<sup>3</sup>, vrsta gorive tvari, LU, prosječna gustoća 900 kg/m<sup>3</sup>, (ukupno 35.370.000kg.), toplina izgaranja 44 MJ/kg, uz visoko požarno opterećenje (> od 2 GJ /m<sup>2</sup>),
4. požarni sektor 4 \_ cijevni kanal od ulaza smješten uz grupu spremnika 800, prema grupi spremnika 200, odvojak do kraja sa P-2 i do kraja R210. Površina sektora iznosi 1875 m<sup>2</sup>, ukupni volumen cjevovoda je 486,5 m<sup>3</sup>, vrsta gorive tvari LU, nafta i DG, prosječna gustoća 862 kg/m<sup>3</sup>, (ukupno 413.525 kg), toplina izgaranja 44 MJ/kg, uz visoko požarno opterećenje (> od 2 GJ /m<sup>2</sup>),
5. požarni sektor 5 \_ cijevni kanal i separator zauljenih voda, ukupna površina 220 m<sup>2</sup>, volumen 250 m<sup>3</sup>, vrsta gorive tvari, LU, nafta, prosječna gustoća 862 kg/m<sup>3</sup>, (ukupno 212.500 kg), toplina izgaranja 44 MJ/kg, uz visoko požarno opterećenje (> od 2 GJ /m<sup>2</sup>),
6. požarni sektor 6 \_ cijevni kanal između postrojenja KP-6 i grupe spremnika „A“ s P-5A i P-5, do punilišta AC plina. Ukupna dužina cijevnog kanala 440 m, širina 5 m, površina 2200 m<sup>2</sup>, ukupni volumen cjevovoda 233,5 m<sup>3</sup>, vrsta gorive tvari LU, nafta, benzin, UNP, slop, DG, prosječna gustoća 830 kg/m<sup>3</sup>, (ukupno 193.805 kg), toplina izgaranja 44 MJ/kg, uz visoko požarno opterećenje (> od 2 GJ /m<sup>2</sup>),

7. požarni sektor 7 \_ autopunilište ukapljenog naftnog plina s pumpaonicom, površina 152 m<sup>2</sup>, maksimalni volumen 48 m<sup>3</sup>, vrsta gorive tvari ukapljeni naftni plin, prosječna gustoća 550 kg/m<sup>3</sup>, (ukupno 26.400 kg), toplina izgaranja 46 MJ/kg, uz visoko požarno opterećenje (> od 2 GJ /m<sup>2</sup>),
8. požarni sektor 9 \_ kuglasti spremnici ukapljenog naftnog plina (D-14, 15, 16, 17, 18 i 23), površina 4125 m<sup>2</sup>, maksimalni volumen 4080 m<sup>3</sup>, vrsta gorive tvari ukapljeni naftni plin, prosječna gustoća 550 kg/m<sup>3</sup>, (ukupno 2.244.000 kg), toplina izgaranja 46 MJ/kg, uz visoko požarno opterećenje (> od 2 GJ /m<sup>2</sup>),
9. požarni sektor 11 \_ cijevni most od područja prostora Dorade i manipulacije do Luke Crnac. Ukupna dužina 1566 m, širina 3 m, površina 4698 m<sup>2</sup>, u kojem se nalazi šest cjevovoda, ukupni volumen 395 m<sup>3</sup>, vrsta gorive tvari, benzin i DG, prosječna gustoća 790 kg/m<sup>3</sup>, (ukupno 312.050 kg), toplina izgaranja 44 MJ/kg, uz visoko požarno opterećenje, (> od 2 GJ /m<sup>2</sup>),
10. požarni sektor 17 \_ cijevni kanal između grupe 400 i kugli ukapljenog naftnog plina od P-5 do kraja između R-408 i R-501. Ukupna dužina 300 m, širina 3 m, površina 900 m<sup>2</sup>, maksimalni volumen 160,1 m<sup>3</sup>, vrsta gorive tvari, DG, benzin, LU, prosječna gustoća 822 kg/m<sup>3</sup>, (ukupno 131.602,2 kg), toplina izgaranja 44 MJ/kg, uz visoko požarno opterećenje (> od 2 GJ /m<sup>2</sup>),
11. požarni sektor 25 \_ spremnici grupe 700 (R-701, 702, 703, 704, 705, 706 i 707), površina 42.342 m<sup>2</sup>, maksimalni volumen 110.000 m<sup>3</sup>, vrsta gorive tvari, DG, benzin, plinsko ulje komponente, prosječna gustoća 783 kg/m<sup>3</sup>, (ukupno 86.130.000 kg), toplina izgaranja 44 MJ/kg, uz visoko požarno opterećenje (> od 2 GJ /m<sup>2</sup>),
12. požarni sektor 27 \_ cijevni kanal od P-12 uz grupe spremnika 700, 400 i „A“ do P-5A. Ukupna dužina 650 m, širina 3 m, površina 195 m<sup>2</sup>, maksimalni volumen 270 m<sup>3</sup>, vrsta gorive tvari, DG, benzin, LU, slop, prosječna gustoća 822 kg/m<sup>3</sup>, (ukupno 221.940 kg), toplina izgaranja 44 MJ/kg, uz visoko požarno opterećenje (> od 2 GJ/m<sup>2</sup>).[5]

### 3.2\_Opasnosti prilikom skladištenja nafte i naftnih derivata te zaštita spremnika

Mjesta na kojima mogu nastati požar i eksplozija u Rafineriji nafte Sisak su:

- spremnici, cjevovodi i pumpe (mjesto sa potencijalno opasnim stanjem) - može nastati nekontrolirano izbijanje zapaljivih medija,
- skladišni spremnici – moguća pojava prekomjernog tlaka zbog kvara na dišnim i prekotlačnim ventilima i prepunjenja,
- rotacijska oprema – moguća pojava previsoke temperature zbog nedovoljog podmazivanja,
- prirubnički spojevi cjevovoda - propuštanje medija zbog nedovoljne dotegnutosti ili neispravnosti brtvenog prstena.[4]

Kod pojave izvora paljenja kao što su električna iskra, iskra statičkog elektriciteta, udar munje, toplina egzotermne kemijske reakcije, iskra mehaničkog rada, otvoreni plamen, vruće površine, zbog ljudske nepažnje i nemara, može doći do nastanka požara ili eksplozije. Prigodom skladištenja nafte i naftnih derivata u spremnicima, premda se radi o zapaljivim gorivima prisutne su požarne opasnosti od :

- električne instalacije i postrojenja - preventiva opasnosti je obučenosť i koncentracija radnika prilikom izvođenja radova na električnim instalacijama kako bi se opasnost od izbijanja požara na spremnicima nafte i naftnih derivata uslijed iskrenja svela na najmanju moguću mjeru.
- groma - strogo zabranjeni popravci spremnika za vrijeme oluje i grmljavine. Uzemljenje plašta i krova spremnika ne može spriječiti udar groma, nego mu je zadaća provesti ga u zemlju kako ne bi došlo do ostećenja spremnika.
- lutajućih struja - uzemljenjem nadzemnih spremnika se štiti spremnik od pojave lutajućih struja, no to nije dovoljno, posebice što se tiče korozije. Bitan je stalan nadzor i koncentracija te izoliranje posebnih dijelova postrojenja.
- statičkog elektriciteta - u svim opasnim područjima treba izvršiti izbijanje elektrostatičkih naboja prije nego što postanu opasni. Posebna izvedba uzemljenja na spremnicima zahtijeva spoj sastavnih dijelova bakrenih vodiča na zajedničko uzemljenje čime se osiguravaju razlike potencijala.

- samozapaljenja - za vrijeme čišćenja spremnika s talogom željeznog suifida, kad je talog izložen utjecaju zraka, nužno je stalno vlažiti do uklanjanja spremnika.
- pretakanja - Osobe koje rade na pretakalištu moraju biti posebno i stručno osposobljene za taj posao jer o njima ovisi sigurnost i zaštita spremnika na mjestu pretakanja. Zona opasnosti određuje se eksplozimetrom iii se računa 15m od ruba razlivena zapaljive tekućine. Na pretakalištu moraju biti postavljeni natpisi upozorenja na početku pristupnog puta i kolosijeka.
- remonta i čišćenja spremnika - prije početka punjenja spremnika potrebno je ispitati odgovara li osigurač punjenja zahtjevima i smanjuje li mu se za vrijeme pogona sigurnost djelovanja. Za vrijeme punjenja spremnika cjevovodi moraju biti čvrsto povezani sa spremnikom i priključnim uređajem te treba paziti da ne dođe do prepumpavanja. Najveći mogući stupanj punjenja spremnika mora biti odmjeren, a uzimaju se vanjske temperature koje se mogu očekivati primjereno godišnjim dobima.
- mehaničkih iskri – sigurnosne mjere u području ugroženom eksplozivnim smjesama.
- oštećenja od korozije - za zaštitu od korozije preporučuju se klorkaučuk i epoksi premazi. Radnici koji obavljaju radove na spremnicima nafte i naftnih derivata moraju posebno paziti na moguće znakove opasnosti, a rad treba zaustaviti dok se ne utvrdi izvor i ne ukloni opasnost te treba obavijestiti inženjera sigurnosti, koji je dužan izvršiti sva potrebna ispitivanja i mjerenja. Nakon uklanjanja opasnosti izdaje se odobrenje za nastavak rada.[5]

### **3.3\_Procjena rizika i preventivne mjere zaštite spremnika**

Procjena rizika je provedena prema :

1. metodologiji Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA),
2. Međuagencijskom programu procjene i upravljanja zdravstvenim i okolišnim rizicima izazvanim energetske i drugim složenim industrijskim sustavima,
3. Priručniku za razvrstavanje i utvrđivanje prioriteta među rizicima izazvanim velikim nesrećama u procesnoj i srodnim industrijama.[5]

Pristup je kvantitativan, odnosno temeljio se na raspoloživim podacima (maksimalne količine opasnih tvari, indeks opasnosti i slično). Tablica 1 prikazuje procjenu vjerojatnosti za nastanak velikih nesreća u Rafineriji nafte Sisak.

Tablica 1. Procjena vjerojatnosti za nastanak velikih nesreća u Rafineriji nafte Sisak.[5]

NAZIV TVRTKE	LOKACIJA	SPREMNIK/ PROCES	VRSTA OPASNE TVARI	KOLIČINA (t)	VRSTA OPASNOSTI	R (m)	F (ha)	BROJ ŽRTAVA	UČESTALOST DOGAĐAJA/ god
INA d.d. Rafinerija nafte Sisak	Dorada II	Spremnik/ kugla D-23	UNP	648	I	500	80	40	1x10 <sup>-4</sup>
<b>Suma eksplozivnih tvari</b>	Dorada II	Spremnici/kugle	UNP	1 556	I	721	163	82	1x10 <sup>-4</sup>
	Dorada II	nadz. sprem. R-701	benzin	14 250	II	284	12,7	13	3x10 <sup>-5</sup>
	Dorada II	nadz. sprem. R-901	LUS i LUT	34 560	II	432	29	30	3x10 <sup>-5</sup>
	Dorada II	nadz. sprem. R-802	Nafta	25 500	II	300	14	14	3x10 <sup>-5</sup>
	Dorada II	nadz. sprem. R-803	nafta	25 500	II	300	14		
	Dorada II	nadz. sprem. R-804	nafta	25 500	II	300	14		
<b>Suma zapaljivih tvari</b>	Dorada II	Nadzemni spremnici	benzin, LUS,LUT, nafta	444 308	II	1200	226	226	3x10 <sup>-5</sup>
<b>Suma eksplozivnih i zapaljivih tvari</b>	Dorada II	Nadzemni spremnici	UNP, benzin, LUS,LUT, nafta					308	3x10 <sup>-4</sup>
	INA - Crnac	nadz. sprem. R-51101	nafta	68 000	II	600	56	28	3x10 <sup>-5</sup>
	INA - Crnac	nadz. sprem. R-51102	nafta	68 000	II	600	56		
	INA -	nadz. sprem. R-51103	nafta	68 000	II	600	56		

Procjena se odvija kroz:

1. identifikaciju kritičnih objekata,
2. eliminaciju objekata koji nemaju izvanlokacijski učinak i nisu u naseljenom području,
3. izračunavanje doseg primjenom programskih prilagođenih paketa EPE,
4. zračunavanje posljedica i vjerojatnosti događaja,
5. rangiranje kritičnih objekata.[5]

Tijekom primjene metode uvaženi su slijedeći kriteriji :

- jačina izvora najveća moguća,

- osnovni proračun raspršenja toksičnih plinova provodi se za stabilnost atmosfere klase D (neutralno) s brzinom vjetra od 5m/s (prosječni vremenski uvjeti omogućuju usporedbu toksičnih, zapaljivih i eksplozivnih tvari),
- smjer vjetra (najučestaliji u gradu Sisku),
- mjerilo nastradalih u požarima (100% smrtnost izloženih osoba unutar vatrom zahvaćenog područja),
- mjerilo nastradalih u eksplozijama oblaka pare (100% smrtnost među osobama zahvaćenim gorućim oblakom),
- pretpostavka paljenja s nižom granicom zapaljivosti (za eksplozivne tvari 100% smrtnost u neposrednoj blizini središta detonacije, što znači visoki prekomjerni tlak veći od 1 bara i visoku gustoću letećih predmeta),
- mjerilo nastradalih od toksičnih oblaka (100% smrtnost među osobama izloženim dulje od 30 minuta koncentraciji manjoj ili jednakoj LC<sub>50</sub> za ljude). Moguće je postojanje nižih, ali još uvijek smrtonosnih koncentracija.[4]

Kada bi došlo do nastanka požara u Rafineriji nafte Sisak oni bi bili manjeg dometa od dometa širenja otrovnih plinova, pa se i mjere intervencija mogu ograničiti na područje oko Terminala Sisak i pojedinih dijelova grada Siska. Procjena rizika obuhvaća rizik nastanka požara na spremniku R-802 u kojem se skladišti sirova nafta čiji bi radijus djelovanja bio 300 m, a zahvaćena bi površina obuhvaćala 14ha, mogući broj žrtava bio bi 14, a učestalost prema procjeni rizika iznosi  $1 \times 10^{-9}$ . [5]

Procjena rizika pokazuje kako su svi potencijalni rizici ispod donje crte prihvatljivosti te kako bi požar svih spremnika u Rafineriji nafte Sisak obuhvatio radijus od 1.200 m, zahvatio površinu od 226 ha, a mogući broj žrtava bio bi 226, dok bi učestalost prema procjeni rizika iznosila  $1 \times 10^{-9}$  događaj/god. [5] U Rafineriji nafte Sisak poduzimaju se sve mjere i postupci za otklanjanje uzroka požara i eksplozija, sprječavanje nastanka i širenja požara i eksplozija te pružanje pomoći u otklanjanju požara i eksplozija u svrhu zaštite ljudskih života, zdravlja, zaštite okoliša te očuvanja materijalnih dobara.

Preventivne mjere osim građevnih i tehničko-tehnoloških mjera zaštite od požara, obuhvaćaju i sljedeće organizacijske smjere :

- provedbu odgovarajućeg obrazovnog procesa kojim se radnici upoznaju s opasnostima i uzrocima požara i eksplozija te načinom njihova gašenja, primjenom raspoloživih sredstava,
- opremanje radnih prostora odgovarajućim sredstvima i opremom za gašenje požara i eksplozija,
- organiziranje radnog procesa da se na svim radnim mjestima izvršavaju na predviđen i propisan način,
- organiziranje radnog procesa na način da uvijek u pripravnosti bude broj mobilno sposobnih radnika za gašenje požara i eksplozija,
- organiziranje vatrogasnih postrojbi sastavljenih od radnika koji su posebno osposobljeni za gašenje požara,
- redovito pregledavanje i ispitivanje sredstava za otkrivanje i gašenje požara u zakonskim rokovima,
- provjeravanje osposobljenosti radnika za gašenje požara i eksplozija te spašavanje,
- označavanje požarnog puta na području Rafinerije te briga o stalnoj prohodnosti,
- nadzor nad održavanjem čistoće i urednosti u radnim prostorima,
- nadzor nad prostorom Dorade i manipulacije zadužene za skladištenje nafte i naftnih derivata u nadzemnim spremnicima,
- nadzor nad raspoređivanjem novih radnika glede provjere osposobljenosti za gašenje požara i eksplozija,
- izricanje i oglašavanje zabrane pušenja i izazivanje otvorenog plamena,
- ograničavanje kretanja radnicima i drugim osobama u pojedinim dijelovima radnih prostora,
- suradnja s tijelima nadzora i drugim tijelima i zajednicama na području grada Siska, općine i županije, a u svrhu provedbe i unapređivanja zaštite od požara i eksplozija.[4]

Prema Pravilniku o izgradnji postrojenja za zapaljive tekućine i o uskladištenju i pretakanju zapaljivih tekućina nadzemni spremnici moraju biti zaštićeni od svih izvora topline hidrantskom mrežom i sustavom zaštite od požara, koji mora biti odobren od



nadležnih tijela.[5] Sustav zaštite od požara obuhvaća sustav za hlađenje spremnika vodom u svrhu zaštite susjednih spremnika od požara te sustav za gašenje vatre pjenom.

Sustav za gašenje mora imati svaki nadzemni spremnik volumena veći od 300 m<sup>3</sup> te volumena do 300 m<sup>3</sup>, ako se u njemu skladište nestabilne tekućine ili tekućine s obilježjem izbacivanja te spremnik smješten u gusto naseljenim područjima.[5] Svaki nadzemni spremnik mora imati sustav za hlađenje. Za hlađenje plašta nadzemnog spremnika u slučaju požara potrebno je najmanje 1.2 l/min vode na m<sup>2</sup> plašta u trajanju od najmanje dva sata.[5]

Ako je spremnik izvedbe s konusnim krovom, količina vode za hlađenje krova mora iznositi najmanje 0.6 l/min na m<sup>2</sup> površine krova u trajanju od najmanje dva sata.[5] Za hlađenje cilindričnih nadzemnih spremnika, količina vode mora iznositi najmanje 1.6 l/min na m<sup>2</sup> površine spremnika u trajanju od najmanje dva sata.[5] Hidrantska mreža za jedan nadzemni spremnik mora imati najmanje dva standardna hidranta. Za dva i više spremnika broj hidranata određuje se prema rasporedu spremnika pri čemu udaljenost između hidranata ne smije biti veća od 50m, odnosno manja od 25m od spremnika.[5] Hidranti se ne smiju postavljati nasuprot podnice cilindričnih nadzemnih spremnika.

### **3.4\_Specifičnosti nastanka požara i eksplozija u spremnicima**

Nafta i naftni derivati su izrazito zapaljive tekućine, pa prilikom prerade, rukovanja te skladištenja istih postoji velika opasnost za nastanak požara i eksplozija. Gorenje je proces oksidacije koji se odvija s dovoljnim intenzitetom i dovoljnom brzinom što rezultira oslobađanjem velike količine topline i svjetlosti.[6] Oksidacija se odnosi na proces spajanja tvari sa kisikom.

Da bi došlo do gorenja trebaju biti ispunjena sljedeća tri uvjeta:

- tvar koja gori (gorivo),
- tvar koja podržava gorenje (kisik),
- topinska energija (postigne temperature paljenja).[6]

Da bi se određena tvar zapalila, mora postojati uzrok. Uzrok svakoj promjeni tvari je energija, a da bi došlo do procesa gorenja, treba dovesti energiju. Gorenje uzrokuje nastanak produkata gorenja. Požar se najčešće definira kao svako nekontrolirano gorenje, a ovisi o sljedećim čimbenicima:

- vrsti gorivog materijala,
- brzini gorenja,
- kaloričnoj moći gorivih tvari,
- veličini prostora u kojem je nastao požar,
- vatrobranim preprekama na putu širenja požara,
- mogućnosti pristupa zraka u prostor gorenja,
- vremenu slobodnog razvoja požara,
- snagama koje gase požar,
- vrsti i količini raspoloživih sredstava za gašenje požara.[3]

Nafta i naftni derivati nikad ne gore dok su u tekućem agregatnom stanju, već u plinovitom stanju. Tekućina kao takva zapravo ne gori, već gore pare te zapaljive tekućine poput nafte i naftnih derivata. Prijelaz iz tekućeg agregatnog stanja u stanje pare naziva se isparavanje, a ono može biti brže ili sporije, na što utječu razni čimbenici. Prilikom isparavanja tekućina prelazi samo na svojoj površini u stanje pare te se iznad površine tekućine nalazi i nešto njezinih para. Para iznad površine će biti više što je temperatura gorive tekućine veća, no kad tekućina vrije, ona prelazi u stanje para na površini i u unutrašnjosti, pa se kod vrenja iz unutrašnjosti tekućine izdižu mjehurići. Temperatura na kojoj se događa vrenje naziva se vrelište dotične tekućine. Vrelište nafte i naftnih derivata iznosi od 200 do 300°C.[2] Tekućina će brže ispariti što je vrelište tekućine niže.[2]

Do gorenja para iznad nafte i naftnih derivata doći će samo ako količina para zapaljive tekućine bude dovoljna da stvori nužan zapaljivi omjer između zapaljivih para i zraka. Kako je količina nastalih para iz tekućine ovisna o temperaturi tekućine, to će se onda na određenoj temperaturi tekućine ispariti iz nje točno onolika količina para kolika je potrebna da sa zrakom stvori takav zapaljivi omjer.[3] Plamište je temperatura tekućina

na kojoj se iz tekućine razviju pare u obimu u kojem se otvorenim plamenom mogu zapaliti.[6] Plamište zapaljive tekućine određuje opasnost dotične tekućine prema vatri. Što je plamište niže, to je tekućina zapaljivija.

Gorenje je egzotermni kemijski proces, pa oslobađa određenu količinu topline. Kako se prilikom gorenja oslobađa toplina, važno je u kojem se vremenskom razdoblju ista oslobodi. Ako neka tvar gori vrlo brzo, bit će oslobođenja znatna količina topline u kratkom vremenskom razdoblju, što će dovesti do naglog rasta temperature. Kemijske reakcije kod gorenja se mogu ubrzati te se odviti trenutačno, pa dolazi do eksplozije. Za nastanak eksplozije su nužni posebni uvjeti. Omjer plina pojedine tekućine i zraka koji uzrokuje eksploziju se naziva granica eksplozivnosti pojedine tekućine.[6] Što je donja granica eksplozivnosti niža, lakše će se postići potrebna koncentracija plina pojedine tekućine u zraku te doći do eksplozije.

Opasnost od eksplozije je veća kada je područje eksplozivnosti šire. Što je isparivost pojedine tekućine veća, odnosno što je temperatura tekućine viša, veća je mogućnost postizanja donje granica eksplozivnosti te nastanka eksplozije. Eksplozija je vrlo intenzivna vizualno i akustično, a djeluje brže nego nastanak požara. Ako se požar kasno uoči, a gašenje počne sporo i neorganizirano, uz nedostatak sredstava za gašenje, on će progutati čitavo postojenje i nastat će maksimalne neposredne i posredne štete.

U praksi ne postoji idealno stanje vezano uz provedbu preventivnih i drugih mjera zaštite od požara, već se češće događa da se neke od predviđenih mjera ne provode, pa rezultat uspješnosti svladavanja požara prvenstveno ovisi o organizaciji zaštite od požara te o razini i kvaliteti provedbe ostalih mjera zaštite od požara.[4] Zapaljive tekućine treba držati u adekvatnim posudama te redovito kontrolirati koncentraciju plinova i para za što postoje različite metode i uređaji. Kod najvećeg broja aparata i posuda sa zapaljivim tekućinama i plinovima kao mjera sigurnosti koristi se sigurnosni ventil reguliran na različite tlakove. Ukoliko je ventil reguliran za veće tlakove, gubici od

isparavanja su manji, no treba voditi računa da posude s plinovima i tekućinama moraju ispunjavati određene konstrukcijske zahtjeve glede izdržljivosti na unutarnji tlak.[3]

U rafinerijama do nesreća najčešće dolazi kod popravka i remonta. Eksplozivne koncentracije para i plinova pri prekidu rada sustava nastaju zbog nepotpunog udaljavanja, a kod puštanja urad zbog nedostatnog ispuhivanja zraka u sustavu, pa su nužna ispiranja i propuhivanja sustava nakon zaustavljanja rada što se vrši pomoću procesnog fluida, nakon čega sustav može ponovno proraditi.

### **3.5\_Mjere prve pomoći**

Mjere prve pomoći obuhvaćaju sljedeće postupke :

1. nakon udisanja plinova te para štetnih za respiratorni sustav unesrećenog je potrebno udaljiti iz onečišćenog prostora, u slučaju otežanog disanja nužno je potražiti liječničku pomoć,
2. nakon dodira s kožom nužno skinuti zagađenu odjeću i obuću i kožu dobro isprati vodom i sapunom najmanje 15 minuta,
3. nakon dodira s očima nužno oči ispirati najmanje 15 minuta tekućom vodom,
4. nakon gutanja ne izazivati povraćanje.[4]

U slučaju pojave simptoma uvijek treba potražiti liječničku pomoć. U slučaju ozlijede sudionika u gašenju požara, voditelj intervencije raspoloživim snagama i opremom, organizira spašavanje i evakuaciju ozlijeđne osobe iz opasnog prostora. Ako je osoba izgubila svijest, nakon iznošenja iz onečišćenog prostora i eventualnih drugih hitnih postupaka, treba staviti ozlijeđenu osobu u stabilni bočni položaj i očistiti joj usnu šupljinu od čvrstih predmeta te provjeriti vitalne funkcije i nakon toga postupiti prema posebnim uputama za različite vrste izloženosti opasnoj kemikaliji.[7] Ako je osobi otkazuju vitalne funkcije, prvo treba očistiti usnu šupljinu i primijeniti umjetno disanje (ako osoba ne diše) sve dok ne počne disati (ako je potrebno koristiti tubus za primjenu

umjetnog disanja). U slučaju zastoja srca treba obaviti masiranje srca i prestanka disanja primjenjivati oba postupka naizmjenice.[7]

U slučaju da ima ozlijeđenih osoba na području Rafinerije nafte Sisak voditelj intervencije izdaje nalog Operateru VDC-e za poziv hitne medicinske pomoći na broj 112. Do dolaska hitne pomoći, ozlijeđenim se osobama pruža prva pomoć u skladu osposobljenosti radnog i interventnog osoblja. Nadležni rukovoditelj prema potrebi u dogovoru s medicinskom ekipom, osigurava pratnju uz ozlijeđenu osobu u vozilu hitne pomoći do najbliže medicinske ustanove.

### **3.6\_Tehničko – tehnološke mjere zaštite spremnika**

U današnje doba je temeljni problem što obim suvremene proizvodnje i profit ne prate odgovarajuće mjere tehničke zaštite za siguran rad. Kako bi se osigurala adekvatna zaštita od požara treba detaljno poznavati tehnološki process tvari s kojima se radi, što se odnosi na fizikalno-kemijska svojstva nafte i naftnih derivate te uvjete proizvodnje te skladištenja.

Kada se ocjenjuje potencijalna opasnost određenog procesa proizvodnje važno je znati sljedeće:

- da li su tvari u procesu proizvodnje eksplozivne, zapaljive ili samozapaljive,
- da li su tvari u procesu proizvodnje u krutom kompaktnom ili rastresito praskastom stanju, tekućem ili plinovitom,
- dolazi li tijekom proizvodnje, prerade i skladištenja do prelaska iz jednog agregatnog stanja u drugo,
- kolika je količina i nagomilanost zapaljive robe (požarno opterećenje),
- kakvi su radni uvjeti,
- postoji li u procesu rada i pri unutarnjem prijevozu opasnost od stvaranja statičkog elektriciteta,

- koje su osobine strojeva i aparata koji sudjeluju u procesu rada i prijevoza (materijali i konstrukcije, armature i slično).[6]

Svi pobrojani parametri utječu na sigurnost procesa proizvodnje te moraju biti precizno razrađeni u investicijsko-tehničkoj dokumentaciji, pogonskoj dokumentaciji, radnim uputama i slično. Promjena bilo kojeg od ovih parametara, ako se prethodno ne utvrdi nepobitan utjecaj na tehnološki proces može rezultirati raznim opasnostima u procesu proizvodnje.

Za sigurnost procesa proizvodnje veliku važnost ima osposobljenost radnika te pravodobno i pravilno postavljanje i održavanje uređaja i instalacija, što obuhvaća sljedeće:

- utvrđivanje i označavanje mogućih konstrukcijskih, montažnih i eksploatacijskih nedostataka na aparatima, uređajima i opremi koji mogu dovesti do stvaranja izvora paljenja u radu,
- analizu potrebe za kontrolno-mjernom i regulacijskom opremom zbog osiguranja strogo utvrđenih parametara za vođenje tehnološkog procesa,
- utvrđivanje svrsishodnosti primjene automatskih uređaja za vođenje tehnoloških procesa s jednog mjesta,
- osiguranje uređaja, instalacija i sustava za rano otkrivanje, sprječavanje, dojavu i gašenje požara i eksplozije (detektori plina i eksplozije, sustavi za dojavu i gašenje požara-vatrodjavne centrale, sustavi za grijanje i prozračivanje, električne instalacije, tzv. "S" izvedba, sustavi za zaštitu od statičkog elektriciteta, gromobranske instalacije, hidrantska mreža, stabilni i polustabilni sustavi za hlađenje i gašenje).[5]

### 3.7\_Sustav obavještanja i uzbunjivanja u slučaju nastanka nesreće

Rafinerija nafte Sisak posjeduje sljedeće uređaji te opremu u funkciji kontrole obavještanja i uzbunjivanja na postrojenju :

- sustav vatrodjave automatskih javljača požara spojenih sa Vatrodojavnom centralom Vatrogasne postrojbe i ručnih javljača požara na postrojenju i oko svih objekata,
- sustav plinodetekcije zapaljivih plinova za rano otkrivanje propuštanja,
- zvučno uzbunjivanje i upozorenje sirenama,
- sustav bežične komunikacije (UKV radio stanice),
- video nadzor.[5]

Osnovu za utvrđivanje opasnosti od nastanka iznenadnih događaja na području Rafinerije nafte Sisak predstavljaju sljedeći dokumenti:

- Procjene ugroženosti od požara i tehnoloških eksplozija,
- Plan zaštite od požara,
- Procjene rizika,
- Plan intervencija u zaštiti okoliša Rafinerije nafte Sisak.[5]

Vrste uzbunjivanja u slučaju požara na području Rafinerije nafte Sisak su :

- uzbunjivanje za vatrogasce – aktiviranje javljača požara jedinstvenim brojem Rafinerije za pozivanje (telefonski dispečer daje uzbunu u vatrogasnom domu),
- uzbunjivanje sirenama za sve radnike te stanovništvo u neposrednoj blizini Rafinerije u slučaju III stupnja opasnosti.

Koordinacija u izvješćivanju i operativnom djelovanju obavlja se u suradnji s Uredom Voditelja proizvodnje u smjeni. Požarna opasnost se javlja jednoličnim tonom i to u ukupnom trajanju od 90 sekundi uz dvije pauze po 15 sekundi.[4] Opasnost od drugih elementarnih nepogoda, javlja se kombinacijom jednoličnih i „zavijajućih“ tonova u trajanju od 60 sekundi.[4] Jednoličan ton u trajanju od 20 sekundi je na početku i na

kraju zvučnog signaliziranja sirene za uzbunu od opasnosti.[5] Kada se oglasi znak za uzbunu ili opasnost, nadležni rukovoditelj je dužan u što kraćem vremenu pristupiti pripremama za evakuaciju i spašavanje te izvođenju evakuacije i spašavanja zaposlenika i stanovništva u neposrednoj blizini Rafinerije, a prema odredbama iz Plana.

Pojedinca koji prvi uoči određeni izvanredni događaj javljačem požara ili telefonom dojavljuje događaj u VDC VP Rafinerije nafte Sisak (Vatrodajavna centrala Vatrogasne postrojbe Rafinerije nafte Sisak), a zatim obavještava neposrednog rukovoditelja na lokaciji. Operater VDC aktivira alarm u prostoru Vatrogasnog doma i radio vezom prenosi informacije zapovjedniku smjene VP Rafinerije nafte Sisak (voditelj intervencije), nakon čega operater VDC obavještava stručnjake ORZZSO i rukovoditelja ORZZSO o vrsti nesreće koji obavijest prosljeđuju Direktoru Rafinerije nafte Sisak te voditelju proizvodnje u smjeni, koji obavještava nadležne rukovoditelje mjesta događaja (Županijski centar - Područni ured za zaštitu i spašavanje Sisak, Centar sigurnosti INA d.d., nadležne inspeksijske službe).

Kada Grad Sisak ne bi imao dovoljno raspoloživog ljudstva te materijalno – tehničkih sredstava da svlada određenu nesreću u pomoć bi se pozvale susjedne jedinice lokalne samouprave Sisačko–moslavačke županije. Služba Korporativnih komunikacija Rafinerije nafte Sisak zadužena je za informiranje javnosti o nesrećama.

### **3.8\_ Interventne mjere u slučaju nastanka požara i drugih vrsta nesreća**

Svi se vatrogasci te vozači vatrogasnih vozila na znak alarma opremaju odgovarajućom interventnom opremom i ulaze u vozila u koja su po smjenama raspoređeni. Vozači stavljaju vozilo u pripremno stanje za kretanje i čekaju nalog zapovjednika za kretanje u određenom pravcu prema lokaciji dojave.[5] Zapovjednik vatrogasne ekipe nakon alarma za požar ili neku drugu nesreću žurno dolazi do operatera VDC, od kojeg uzima obrazac pod nazivom Obavijest o prijemu dojave i odlazi u zapovjedno vozilo te putem radio veze obavještava vozače vatrogasnih vozila u kojem se pravcu i kojim požarnim



putovima kretati, te prvo vozilo kreće prema dojavljenoj lokaciji. Kada se vatrogasna ekipa sa vozilima i opremom nalazi na asistenciji ili drugoj aktivnosti na štitićenom području, stalna veza vatrodojavne centrale sa vatrogasnim vozilima održava se, fiksnom UKV radio stanicom u svakom vatrogasnom vozilu i ručnom kod zapovjednika).[5] U slučaju kada operater VDC-e javlja UKV radio stanicom o dojavi požara, daje se zvučni alarm preko vatrogasnog vozila osoblju vatrogasne ekipe na terenu, koji nakon toga žurno svi odlaze do vatrogasnih vozila te kreću na intervenciju.

Kad se za vrijeme dojave požara koristi vatrogasna oprema, posprema se najnužnija te se kreće na dojavu. Opremu koja se uzima određuje zapovjednik. Ako je redovan radni dan za I smjenu, izvršitelji iz I smjene PVP RNS prema potrebi se stavljaju na raspolaganje zapovjedniku akcije gašenja. Odlazak vatrogasne postrojbe sa vozilima na intervenciju odvija se najkraćim te najsigurnijim požarnim putovima. Zapovjednik intervencije usmjerava vatrogasna vozila na požarne putove koji omogućuju pristup sa najmanje dvije strane u odnosu na objekt ugrožen požarom. Kod kretanja vatrogasnih vozila na intervenciju, zapovjednik upozorava vozače da ne idu na požarne putove u smjeru kretanja, koji su eventualno blokirani zbog izvođenja radova ili iz drugih razloga. Ako se radi o akcidentu izbijanja plina i zapaljivih tekućina, a nije došlo do požara, zapovjednik daje upozorenje na oprezan pristup vozilima do mjesta nesreće.

Nužno je u svakom trenu voditi računa o smjeru te snazi vjetrova, ali i locirati vatrogasna vozila izvan područja zahvaćenog požarom. Na intervenciju se kreće pod uključenom svjetlosnom i zvučnom signalizacijom na svim vatrogasnim vozilima. Dolaskom na mjesto požara, zapovjednik vatrogasne intervencije obavezno vrši izviđanje situacije, na način da od odgovorne osobe (tehnolog ili rukovoditelj građevine), prikuplja informacije o:

- ugroženosti ljudi,
- vrsti tvari koja gori,
- kritičnom mjestu na požarištu,
- poduzetim tehnološkim i drugim mjerama.[7]

Temeljem utvrđenog stanja, zapovjednik izdaje zapovijed za razvoj intervencije koja sadrži sljedeće informacije :

- tko obavlja zadatak,
- što obavlja,
- kojom opremom se obavlja zadatak,
- kojim sredstvima se obavlja zadatak,
- na kojoj lokaciji se obavlja zadatak.[7]

Zapovjednik vatrogasne intervencije mora imati konstantnu kvalitetnu suradnju sa odgovornom osobom na mjestu požara, u svrhu koordiniranog poduzimanja blokade dotoka zapaljivog medija na mjesto požara te drugih potrebnih preventivnih mjera zaštite. Intervencija mora biti brza i sigurna te se uvijek odvija prema prioritetu situacije, a odnosi se na spašavanje i evakuaciju ljudi, uređaja i slično. U uvjetima kad su ugroženi životi ljudi, zapovjednik intervencije odmah izdaje zapovijed za spašavanje, određuje grupe te podršku za spašavanje. Sve se aktivnosti spašavanja odvijaju pod nadzorom zapovjednika tijekom trajanja procesa spašavanja.

Zapovjednik akcije gašenja požara izdaje nalog (preko radio-veze) operateru VDC-e Glavne vatrogasnice za kretanje dodatnih vatrogasnih puteva prema Vatrogasnoj pumpaonici i prestanak korištenja vode iz hidranata za druge potrebe.[5] Akciju gašenja ili druge operativne mjere koje je potrebno poduzimati, vodi zapovjednik intervencije u koordinaciji s ostalim zapovjednicima postrojbi na mjestu požara, prema utvrđenim i uvježbanim pravilima vatrogasne taktike.[5] Vatrogasna vozila koja pri gašenju ostanu bez pjenila, po nalogu zapovjednika odvoze se na određenu lokaciju (kod vatrogasnice KP-6 ili kod vatrogasnice Glavnog spremišta), gdje se vrši punjenje pjenila iz stacionarnih spremnika, s tim da se ne smiju miješati sintetska i proteinska pjenila. Umjesto vozila koje je odvezeno na popunu pjenila, zapovjednik za gašenje na to mjesto uključuje drugo vozilo. Nakon punjenja pjenila vozilo se vraća na mjesto požara, a zapovjednik određuje daljnje postupanje.

Sve se zapovjedi moraju izvršavati, a ako se neka zapovijed ne izvrši, nužno je bez odgađanja obavijestiti zapovjednika intervencije. Svaki zapovjednik u intervenciji odgovoran je za sigurnost ljudi vatrogasne postrojbe kojom zapovijeda i ostalih koji su u njegovom sektoru rada uključeni u intervenciju, pa osigurava primjenu odgovarajućih zaštitnih mjera i postupaka. Početkom intervencije zapovijeda voditelj vatrogasne ekipe koja je prva stigla na mjesto požara. Dolaskom zapovjednika vatrogasne smjene na mjesto požara, on preuzima daljnje vođenje intervencije, a zatim vođenje vatrogasne intervencije preuzima zapovjednik PVP RNS.

U slučaju velikog požara zapovjednik PVP RNS vodi intervenciju koordinirano sa Zapovjednim stožerom čija je zadaća vođenje strateških postupaka s ciljem sanacije akcidentne situacije. Stožer čine najodgovornije i ovlaštene osobe Rafinerije zadužene za tehnička pitanja, procesnu tehnologiju, održavanje opreme, odnose s javnošću, materijalne, financijske i ljudske resurse. Vatrogasno zapovjedništvo čine zapovjednik PVP RNS i njegovi zamjenici za RNS i JANAF Terminal Sisak, te zapovjednici smjena i voditelji odjeljenja, koji koordinirano s nadređenim zapovjednicima vode vatrogasnu intervenciju svaki u sektoru svog rada. Rukovođenje Zapovjednim stožerom vrši Direktor Rafinerije nafte Sisak ili po njemu ovlaštena osoba.[5]

U slučaju pomoći vatrogasnih postrojbi izvan Rafinerije, intervenciju vodi Zapovjednik PVP RNS, a pristigle vatrogasne postrojbe uključuju se u zajednički sustav linije zapovijedanja u intervenciji.[5] Lokacije vozila vatrogasnih postrojbi koje su pristigle u pomoć, kao i njihovo postupanje na mjestu požara, određuje zapovjednik intervencije ili po njemu ovlaštena osoba. Zapovjednik intervencije nakon skupljenih informacija i definirane prve ocjene situacije, informira operatera VDC u glavnoj vatrogasnici, kako bi operater VDC mogao dalje informirati sve odgovorne osobe prema obavezi iz Upute o izvješćivanju o izvanrednim događajima.

U slučaju ozlijeđe sudionika u gašenju požara, zapovjednik intervencije raspoloživim snagama i opremom, organizira spašavanje i evakuaciju ozlijeđene osobe iz ugroženog prostora te izdaje nalog Operateru VDC-e da pozove hitnu pomoć na telefon 194. Do

dolaska hitne pomoći, ozlijeđenim osobama pruža se prva pomoć u skladu osposobljenosti radnog i interventnog osoblja. Nadležni rukovoditelj ozlijeđene osobe, prema potrebi i dogovoru s medicinskom ekipom, osigurava pratnju uz ozlijeđenu osobu u vozilu hitne pomoći do najbliže medicinske ustanove.[4]

Poslije izvršenog gašenja požara ili druge intervencije, zapovjednik intervencije dogovara sa odgovornom osobom postrojenja daljnju kontrolu objekta ili prostora koji je bio zahvaćen požarom te poduzima sve mjere da se vatrogasna postrojba, korištena oprema, uređaji, aparati, vatrogasne instalacije i slično dovedu u pripravno stanje za novu intervenciju. Organizira se dopuna sredstava za gašenje, kompletiranje vatrogasne opreme u vozilima i na terenu, raspored snaga u pripravnosti, otpuštanje snaga i drugo. Mjesto požara mora se osigurati radi utvrđivanja uzroka nesreće što provode nadležni istražni djelatnici Ministarstva unutarnjih poslova (MUP). Zapovjednik intervencije mora po završetku prikupiti sve potrebne podatke koje upisuje na propisani obrazac, sastaviti izvješće o intervenciji te sve dostaviti zapovjedniku PVP RNS.

### **3.9\_Postrojbe i materijalno – tehnička sredstva u slučaju nesreća**

Poslove zaštite od požara u Rafineriji nafte Sisak obavlja sljedećih 7 službi, odnosno djelatnika :

- služba ORZZSO\_ ZNR i ZOP,
- vodeći inženjer za zaštitu\_1 djelatnik,
- PVP RNS,
- stručnjak za zaštitne poslove\_1 djelatnik,
- vodeći specijalist za zaštitne poslove\_1 djelatnik,
- viši inženjer zaštite od požara\_1-2 djelatnika,
- viši tehničar zaštite od požara\_1-3 djelatnika.

Profesionalna vatrogasna postrojba Rafinerije nafte Sisak (PVP RNS), organizirana je u pet vatrogasnih smjena. U četiri redovne smjene je raspoređen jednak minimalni broj vatrogasaca koji rade na tri prostorno odvojene lokacije, a to su :

- vatrogasnica glavno spremište\_7 vatrogasaca i 1 operater na VDC,
- vatrogasnica KP-6\_8 vatrogasaca i 1 operater na VDC,
- vatrogasnica JANAF Terminal Sisak\_4 vatrogasca (1 na VDC).[5]

Zamjenska smjena je peta smjena i u njoj radi ukupno 16 vatrogasaca koji zamjenjuju vatrogasce iz redovnih smjena u slučaju njihove odsutnosti. Ovakav raspored minimalno potrebnog broja vatrogasaca po lokacijama osigurava operativnu spremnost smjene za intervenciju s propisanim brojem kombiniranih vatrogasnih vozila na šticienom području. U slučaju potrebe vatrogasne ekipe u smjeni sa sve tri lokacije s raspoloživim ljudstvom, opremom i sredstvima za gašenje i spašavanje, uključuju se u intervenciju, na bilo kojem pogonu, objektu, ili prostoru na području Rafinerije. Svi zapovjednici vatrogasne postrojbe imaju položen stručni ispit za rukovođenje vatrogasnim intervencijama.[5]

Suradnja s Javnim vatrogasnim postrojbama te profesionalnim vatrogasnim postrojbama održava se na formalnoj razini, a u slučaju potrebe pozivaju se :

- Javna vatrogasna postrojba grada Siska (udaljena 8 km),
- Javna vatrogasna postrojba grada Zagreba (udaljena 63 km),
- Vatrogasna postrojba Petrokemije Kutina (udaljena 40 km).[5]

Svi djelatnici Vatrogasne postrojbe Rafinerije nafte Sisak u skladu zakonskih propisa imaju odgovarajuću stručnu spremu i položene potrebne stručne ispite, a postrojbu čini :

- 4 zapovjednika (VSS),
- 2 zapovjednika (VŠ),
- 90 vatrogasca (SSS).[5]

Vatrogasna postrojba nadležna za gašenje požara u Rafineriji organizirana je u okviru Profesionalne vatrogasne postrojbe Rafinerije te obavlja poslove zaštite od požara (preventiva), te vatrogastva (operativa). Rad se odvija 0-24 sata. Zaštita osoba i imovine Rafinerije obavlja se posredstvom vanjske zaštitarske kuće (kontrola prolaza, kontrola prostora, videonadzor i fizička zaštita osoba i imovine za područje Rafinerije). Poslovi fizičko - tehničke zaštite odvijaju se u smjenama što osigurava potpunu kontrolu, nadzor i evidenciju ulaza i izlaza ljudi i opreme.

U slučaju požara i eksplozija u svrhu ograničavanja posljedica velikih nesreća na lokaciji Rafinerije nafte Sisak nalazi se slijedeća oprema:

- sustav vatrodeteckije i plinodojave,
- vatrogasni aparati,
- sustav za opskrbu vodom,
- hidrantska mreža,
- polustabilni sustav za gašenje požara zračnom pjenom,
- stabilni sustav za hlađenje spremnika raspršenom vodom,
- stabilni sustav za gašenje požara vodenom parom,
- stabilni sustav za gašenje vodom punilišta autocisterni i pumponica,
- ostali sustavi, oprema te sredstva.

## **4\_ELEMENTI SUSTAVA OPSKRBE VODOM U RNS**

Opskrba vodom je bitan element koji je potreban kako bi se ostvarila adekvatna zaštita od požara na objektima Rafinerije nafte Sisak. Temeljem Procjena ugroženosti od požara i tehnološke eksplozije u kojima su definirane mjere zaštite od požara, projektiran je sustav opskrbe vodom koji mora zadovoljiti svojim kapacitetom i tlakom sve sustave za zaštitu od požara.[6]

Sustav za opskrbu vodom za gašenje požara u Rafineriji nafte Sisak sastoji se od sljedećih elemenata :

1. Izvori za opskrbu vodom (trajni izvori, postrojenja),
2. Cjevovoda i armatura,
3. Vatrogasna pumpaonica KP-6,
4. Hidrantska mreža.[5]

### **4.1\_Izvori za opskrbu vodom**

Izvori za opskrbu vodom u Rafineriji nafte Sisak su :

1. Trajni izvor za opskrbu vodom (rijeka Kupa)
2. Postrojenja za opskrbu vodom («Bunar Kupa II», retencijski bazeni).

O navedenim će elementima biti riječi u daljnjem tekstu rada.

#### **4.1.1\_Trajni izvor za opskrbu vodom**

Rafinerija nafte Sisak se za potrebe napajanja hidrantske mreže vodom koristi rijekom Kupom. Taj prirodni izvor napajanja svojim kapacitetom osigurava potrebnu količinu vode takve kvalitete da se može upotrijebiti za gašenje požara i hlađenje u svrhu zaštite objekata. Kod odabira rijeke Kupe kao trajnog izvora za opskrbu vodom vodilo se

računa o hidrološkim podacima vodostaja rijeke u vremenskom periodu od 15 godina.[5] Rafinerija nafte Sisak je dobila od Državne uprave za vode koncesiju za korištenje voda u tehnološke svrhe klasa: UP/I-034-02/97-01/255, ur. br.: 527-1-02/28-97-4 od 08.12.1997. godine.[5] Prema koncesiji maksimalno dozvoljena godišnja količina zahvaćene vode je 6.500.000 m<sup>3</sup>, odnosno 28.000 m<sup>3</sup>/dan, preračunato 648,14 l/s.[5]

#### **4.1.2\_Postrojenja za opskrbu vodom**

Postrojenja za opskrbu vodom u Rafineriji nafte Sisak su :

1. Bunar Kupa II,
2. Retencijski bazeni.

Bunar Kupa II je objekt za zahvaćanje vode iz rijeke Kupe i transportiranje prema retencijskim bazenima Vatrogasne pumpaonice KP-6 volumena  $V=4 \times 2500 \text{ m}^3$ , što čini 10000 m<sup>3</sup> vode.[5] Pumpna stanica je izvedena u obliku dubokog bunara Ø 6 m, dubine 14 m koji je tunelom spojen sa rijekom Kupom, na koji su nadograđene dvije razine, razina pumpi i razina ventila.[5] Na usisnom tunelu (cijev promjera 1,25 m) nalaze se gruba i fina rešetka za zadržavanje krupnih mehaničkih onečišćenja koje voda donosi iz vodotoka rijeke Kupe. Voda iz bunara se preko sustava vatrogasne vode, cijevi promjera 1000 mm i sustava procesne vode, cijevi promjera 400 mm, prepumpava u retencijske bazene udaljene oko 600 m.[4]

Sustav vatrogasne vode opremljen je s dvije vertikalne centrifugalne pumpe, tipa PVC 44-50/1 sa prigradenim usisnim zvonom koje je proizvela firma „Jugoturbina“ iz Karlovca, kapacitet pumpi je 2000–3000 m<sup>3</sup> na sat svaka i visine dobave 12-16 m.[5] Pumpe su pogonjene elektromotorom i diesel motorom. U slučaju da je pumpa pogonjena diesel motorom elektromotor se vrti, ali je izvršena električna blokada elektromotora. Diesel motor B 519 tipa „Torpedo“ hlađen je vodom i prilagođen za ručni start i zaustavljanje.[5] Startanje slijedi preko elektro startera 24 V koji se napaja iz



akubaterija.[4] U normalnom pogonu pumpe su opremljene elektromotorima, međutim u slučaju nestanka električne energije elektromagnetna spojka spaja diesel motor za pogon pumpe. Start pumpi (elektromotorni ili diesel) je ručni daljinski sa upravljačkog ormara DCV ili sa upravljačkog ormara u strojarnici bunara. Mjerenje količine vrši se ultrazvučnim mjerачem protoka instaliranim na cjevovod Ø 400 mm.[4] Tablica 2 prikazuje karakteristike pumpi instaliranih u Bunaru Kupa II.

Tablica 2. Karakteristike pet pumpi na postrojenju “Bunar Kupa II”.[5]

<b>Red. Broj</b>	<b>Pumpa</b>	<b>Kapacitet l / s</b>	<b>Tlak (MPa)</b>	<b>Pogon</b>
1.	P-4501	68 - 100	0,24 – 0,21	Elektro
2.	P-4502 A	125 - 190	0,3 – 0,25	Elektro
3.	P-4502 B	125 - 190	0,3 – 0,25	Elektro
4.	P-4503 A	550 - 916	0,16 – 0,1	Elektro/dizel
5.	P-4503 B	550 - 916	0,16 – 0,1	Elektro/dizel

Sustavom za dobavu vode iz bunara moguće je osigurati ukupno 4000 m<sup>3</sup>/h sirove vode.[5] Mora se prebaciti preklopnik na lokalno upravljanje u samom objektu Bunar Kupa II, a zatim pokrenuti elektromotor određene pumpe. Nakon 20 sekundi otvora se tlačni ventil na cjevovodu za distribuciju vode. U slučaju kvara pumpi P-4501 i P-4502 A/B dopuna retencijskih bazena može se izvršiti i vatrogasnim pumpama P-4503 A/B pomoću elektromotora i P-4503 A/B pomoću diesel motora.[5] Iste pumpe koriste se i kod požarnih situacija.

Rezervno napajanje se osim automatski u slučaju nestanka električne energije može uključiti i ručno. Dinamika rada pumpi u “Bunaru Kupa II”\_ ovisi o potrebama napajanja Retencijskih bazena. U normalnim uvjetima bez veće potrošnje radi pumpa najmanjeg kapaciteta, dok ostale uključuje operater ako se potrošnja vode povećava. Istovremeno ne mogu raditi dvije ili više pumpi. Slika 5 prikazuje postrojenje Bunar Kupa II.



Slika 5. Postrojenje „Bunar Kupa II“. [5]

Maksimalna količina zahvata vode iz rijeke Kupe može biti 916 l/s.[5] Usisna košara postrojenja postavljena je u vodotok rijeke Kupe na poziciju kojom se osigurava da je uvijek ispod razine vode. Usisna košara je zaštićena od mehaničkih oštećenja zaštitnom mrežom, a s priključnim cjevovodima se može lako održavati te brzo zamijeniti.

Retencijski bazeni su armirano-betonske konstrukcije, izvedeni u četiri komore, a služe za opskrbu hidrantske mreže vatrogasnom vodom uz pomoć centrifugalnih pumpi u Vatrogasnoj pumpaonici kako je prikazano na slici 6. Sustav dovoda i odvoda vode u komore spojen je neovisno, tako da se po potrebi bilo koja može isključiti iz rada. Na ulaznom dijelu svake komore ugrađen je distribucijski sustav vode radi ravnomjernog dotoka, a na dnu izvedeno je udubljenje za sakupljanje mulja.

U svakom udubljenju instalirana je mamut pumpa za ispumpavanje vode i mulja prilikom čišćenja ili pražnjenja. Izlazna strana komore opremljena je preljevnim češljevima preko kojih se voda prelijeva u preljevne komore. Spoj preljevne komore i bazena pumpaonice izveden je s cijevi na čijem kraju je ručna zaporna armatura. Svaka komora je spojena na preljevnu komoru i jednim podljevnom otvorom koji je opremljen pločastim zasunom na elektro motorni pogon.[5]



Slika 6. Retencijski bazeni [5]

Dovod vode u bazene regulira se dobavom pumpi u objektu „Bunar Kupa II“, ručno. Odvod vode iz komora reguliran je geometrijom preljevnih češljeva pri stalnoj razini i otvaranjem podljevnihi otvora u slučaju požara. Komore su opremljene mjeračima razine. Komore su označene rimskim brojkama od I do IV s desna u lijevo, gledano od pumpaonice. Instalirana su četiri bazena kapaciteta  $2500\text{m}^3$  što ukupno iznosi  $10000\text{m}^3$ . [5] Uz potrošnju vode kada je u pogonu pumpa najvećeg kapaciteta (potrošnja vode od  $333\text{ l/s}$ ) retencijski bazeni su dovoljni za približno osam sati neprekidne potrošnje. [5]

Djelomično punjenje retencijskih bazena moguće je i preko cjevovoda  $\varnothing 400\text{ mm}$ , povratnom vodom iz sustava za obradu otpadnih oborinskih voda. [5] U slučaju potrebe kapacitet bazena je dovoljan za opskrbljivanje hidrantske mreže za slučaj dva istovremena požara u vremenskom periodu od dva sata. [5] Retencijski bazeni ne prazne, već se razina u bazenima održava pumpama iz „Bunara Kupa II“.

## 4.2\_Cjevovodi i armature

Cjevovodi su dijelovi sustava za opskrbu vodom kojima se voda transportira od "Bunara Kupa II" do retencijskih bazena, a od Vatrogasne pumpaonice su sastavni dio hidrantske mreže. Dio cjevovoda između "Bunara Kupa II" i retencijskih bazena je promjera  $\phi 30''$ , što je dovoljno za održavanje nivoa u bazenima [5]. Dio cjevovoda koji je sastavni dio hidrantske mreže dijeli se na dva dijela. Prvi dio promjera  $\phi 16''$  je u stvari glavni vod hidrantske mreže kojim se vatrogasna voda transportira do objekata koji se štite.[5] Na ulazu u Doradu i manipulaciju promjer se reducira na  $\phi 14''$ , te se nastavlja prstenasto oko šticeđenih objekata.

Armature (zasuni) su dijelovi sustava za opskrbu vodom koji su instalirani direktno na cjevovodima a svrha im je zatvaranje pojedinih dijelova sustava. Svojim promjerom odgovaraju promjeru cjevovoda na kojem su instalirani. Armature se dijele na glavne, sektorske te dijelne.[8] Glavne armature se nalaze kod "Bunara Kupa II", te kod Vatrogasne pumpaonice. Sektorske armature se nalaze na dijelovima gdje se cjevovod reducira, točnije na ulazu u sektore hidrantske mreže. Dijelne armature se nalaze na prstenastim dijelovima cjevovoda hidrantske mreže, a zadaća im je odvajanje požarnih sektora. Cjevovodi i armature su važni dijelovi cijelog sustava za zaštitu od požara i moraju se redovito održavati kako bi uvijek bili u ispravnom stanju.

## 4.3.Vatrogasna pumpaonica KP-6

Vatrogasna pumpaonica KP-6 je locirana u novom dijelu Rafinerije nafte Sisak i prvobitna namjena joj je bila opskrbljivanje vodom hidrantsku mrežu na postrojenjima KP-6, KP-7 i skladišnog prostora Dorade II. Zbog izbacivanja Rashladnih uređaja iz sustava dobave vode u starom dijelu rafinerije hidrantska mreža je prespojena na sustav koji je povezan s Vatrogasnom pumpaonicom KP-6.

Pumpaonica je izvedena kao čvrsti objekt s ugrađenim vertikalnim bunarskim centrifugalnim pumpama, a prema namjeni podijeljena je na procesni i vatrogasni dio. U

sklopu pumpaonice nalaze se i retencijski bazeni koji služe za akumuliranje i taloženje sirove vode. Kapacitet vode u bazenima je 10000 m<sup>3</sup>. [5] Iz ovih bazena pumpe vatrogasne pumpaonice usisavaju i transportiraju vodu u sustav hidrantske mreže. Tablica 3 prikazuje karakteristike pumpi u Vatrogasnoj pumpaonici KP-6.

Tablica 3. Karakteristike pumpi u Vatrogasnoj pumpaonici KP-6. [5]

Red. broj	Pumpa	Kapacitet l / s	Tlak (MPa)	Pogon
1.	P-4803	33	0,5 – 0,7	Elektro
2.	P-4804 A	200	1	Elektro
3.	P-4804 B	200	1	Elektro
4.	P-4801 A	333	1,8	Elektro
5.	P-4801 B	333	1,8	Elektro
6.	P-4802 A	333	1,8	Dizel
7.	P-4802 B	333	1,8	Dizel

Vatrogasna pumpaonica KP-6 uzima vodu iz retencijskih bazena te uz pomoć pumpi održava stalni tlak od 0,5 – 0,7 MPa u vanjskoj hidrantskoj mreži Rafinerije. Pumpa P-4803 održava stalan tlak u hidrantskoj mreži od 2-4 bara. Kapacitet pumpe je 2000 l/min, pod tlakom od 6,5 bara, a ova pumpa radi na elektro pogon 3800 V i snage 250 kW [4]. Pumpa P-4804 A, uključuje se u rad kod povećane potrošnje vode u hidrantskoj mreži. Kapacitet pumpe je 12000 l/min pod tlakom od 7,5 bara, a pumpa radi na elektro pogon 6000 V i snage 250 kW. [4] U istom režimu rada ima još jedna pumpa istih karakteristika P-4804 B. Kod velike potrošnje vode, u slučaju požara, uključuje se u rad pumpa P-4801 A i P-4801. Kapacitet pumpe je 12000 l/min pod tlakom 18 bara, pumpe rade na elektro pogon 6000 V i snage 900 kW. [4]

Pobrojene pumpe se uključuju samo u iznimnim slučajevima velike potrošnje vode radi požara ili kod ispitivanja visokih kolona i spremnika na lokaciji. Slika 7 prikazuje unutrašnjost pumpaonice s pumpama.



Slika 7. Unutrašnjost pumpaonice sa pumpama.[5]

Za uključivanje pumpi potreban je zahtjev prema radniku koji radi u pumpaonici od strane zapovjednika vatrogasne postrojbe, preko VDC-a ili službenim mobitelom. U slučaju nastanka požara, na zahtjev zapovjednika vatrogasne intervencije tlak u hidrantskoj mreži može se povećati do 1,8 MPa.[5] Povećanje tlaka prema zahtjevu obavlja operater u Vatrogasnoj pumpaonici uključivanjem u rad drugih pumpi. Maksimalna količina vatrogasne vode koja se može utiskivati u sustav hidrantske mreže je 333 l/s, što je dovoljno za opskrbu vodom svih spojenih sustava za gašenje požara.[5]

Kako su tlakovi koji se mogu pojaviti u sustavu hidrantske mreže veliki (do 16 bara) potrebna je i kontrola korištenja vode iz hidranata. Za svako korištenje hidranta u rafineriji potrebna je dozvola za korištenje hidranta kojom se evidentira potrošnja vode i može se upozoriti korisnik hidranta ako postoji potreba za uključivanje ovih pumpi, da prestane koristiti hidrant. U pumpaonici se nalaze i dvije pumpe na dizel pogon, koje se uključuju u slučaju nestanka struje, pumpe P-4802 A i B.[5] Kapacitet pumpi je 20000 l/min pod tlakom od 18 bara, dok snaga dizel agregata iznosi 853 kW (1600 ks).[5]

#### 4.4\_Hidrantska mreža

Hidrantska mreža za gašenje požara obuhvaća skup cjevovoda, uređaja i opreme kojima se voda od sigurnog izvora dovodi do štíćenih prostora i građevina.[8] Hidrantska mreža se dijeli na :

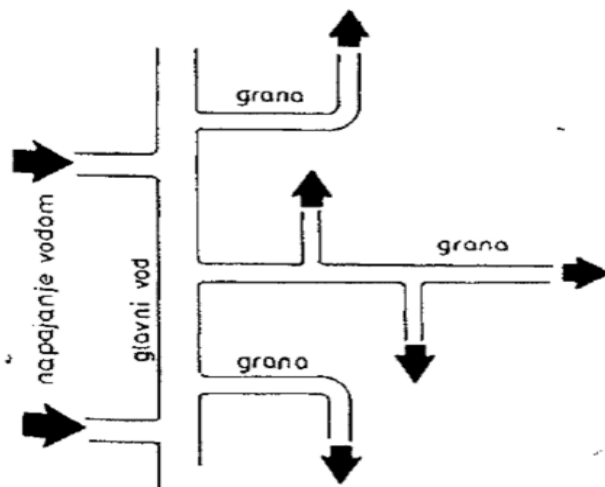
- vanjsku hidrantsku mrežu,
- unutarnju hidrantsku mrežu,
- mokru hidrantsku mrežu,
- suhu hidrantsku mrežu.[8]

Hidrantska mreža u pravilu mora biti izgrađena kao mokra hidrantska mreža i samo iznimno ako postoji opasnost od zamrzavanja, posebnosti tehnološkog procesa ili građevine može se izgraditi suha hidrantska mreža, za što je potrebno odobrenje tijela nadležnog za zaštitu od požara.[8] Suha hidrantska mreža je hidrantska mreža za gašenje požara koja je suha do daljinski upravljano<sup>g</sup> zapornog ventila, od kojeg je stalno ispunjena vodom pod tlakom, a izvodi se kao i mokra s klasičnim hidrantskim ormarićima ili s ormarićima s bubnjem [8]. Razlika između suhe i mokre hidrantske mreže je što se cjevovodi suhe hidrantske mreže moraju moći potpuno isprazniti (drenirati) poslije upotrebe ili poslije tlačne probe.[7]

Voda za gašenje požara u hidrantskoj mreži opskrbljuje se pomoću cjevovoda koji može biti razgranate izvedbe ili izvedbe u obliku zatvorenog prstena.[7] Cijevna mreža ima glavne ili magistralne vodove i cijevne grane ili među linije. Magistralni cjevovod ima promjer cjevovoda više od 300 mm, a grane i među linije promjer cjevovoda manji 100 mm. Razgranati sustav prikazan na slici 8 ima više cijevnih grana koje su priključene na magistralni cjevovod.

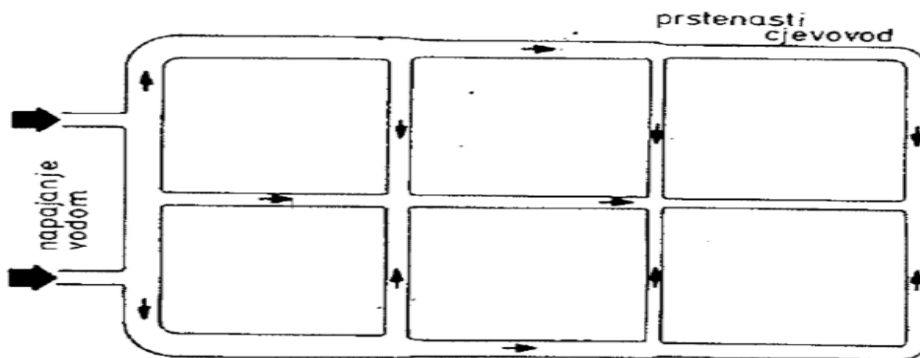
Grananje cjevovoda može biti jednostrano ili dvostrano. Sistem zatvorenog prstena čine cjevovodi međusobno povezani u zatvorene petlje (prstene), pa se svako mjesto na cjevovodu napaja najmanje s dvije strane. Razgranati sustavi se primjenjuju tamo gdje proces rada dozvoljava prekid u opskrbi vodom tehnoloških postrojenja u toku gašenja

požara, na privrednim objektima sa sanitarnom i pitkom vodom i tamo gdje hidrantska mreža nije duža od 200 m.[7]



Slika 8. Razgranati sustav cjevovoda.[7]

U slučaju da je hidrantska mreža duža od 200 m, a razgranatog je oblika, potrebno je na najugroženijim mjestima izgraditi vodocrpilišta. Najčešće projektirani cjevovod u praksi je prstenasti cjevovod prikazan na slici 9 zbog veće sigurnosti u radu jer u slučaju propuštanja na jednom dovodnom cjevovodu, napajanje vodom je moguće s drugog dovodnog kanala. Osim veće sigurnosti u dobavi vode i gubitak tlaka u cjevovodu je ravnomjernije raspoređen nego u razgranatom sustavu.



Slika 9. Prstenasti sustav cjevovoda.[7]

Kako bi se osigurala što bolja i ekonomičnija doprema vode te pristupačnost i kontrola, cjevovod je potrebno polagati uz ceste.



Hidrantska mreža Rafinerije nafte Sisak je prema vrsti vanjska hidrantska mreža, izvedena izvan građevine koja se štiti. Vanjskom hidrantskom mrežom za gašenje požara se štite:

- građevine i prostori za koje je to traženo posebnim propisima,
- građevine i prostori za koje je to traženo posebnim uvjetima građenja iz područja zaštite od požara,
- građevine i prostori za koje je to zahtijevano prostornim planom,
- naseljena mjesta koja imaju izgrađen vodoopskrbni sustav,
- građevine i prostori koji svojim značajkama spadaju u I., II. ili III. kategoriju ugroženosti od požara, izuzev prostora sa zaštićenom i visokokvalitetnom šumom za koje će se moguća obveza izgradnje hidrantske mreže utvrditi u procjeni ugroženosti od požara.[5]

U cjevovodne se mreže ugrađuju zasuni, ventili, ispusti, odzračni ventili i hidranti [8]. Zasuni i ventili imaju zadaću zatvaranja i izolacije određene sekcije mreže u slučaju havarije ili ima je zadaća preraspodjela vode, zatvaraju se i otvaraju ručno ili automatski (električni, hidraulički ili pneumatski pogon). Ispusti na cijevnoj mreži postavljaju se na najnižim točkama, pa se u slučaju remonta mreža može potpuno isprazniti. Odzračni ventili služe za ispuštanje zraka iz mreže na najvišim točkama i za sprečavanje stvaranja vakuuma u mreži.[5]

Na cjevovod vanjske hidrantske mreže za gašenje Rafinerije nafte Siska montiran je nadzmeni hidrant. Samo se u izvanrednim slučajevima na vanjsku hidrantsku mrežu montiraju podzemni hidranti. Kada je procjenom ugroženosti od požara predviđeno da vanjska hidrantska mreža služi za neposredno gašenje požara, na udaljenosti ne većoj od 10 m od svakog hidranta vanjske hidrantske mreže za gašenje požara mora se nalaziti ormarić s vatrogasnim cijevima potrebne dužine, mlaznicama i ostalim potrebnim vatrogasnim armaturama (prijelaznice, razdjelnice) koje će omogućiti efikasno gašenje požara.[8] Udaljenost bilo koje vanjske točke građevine ili neke točke šticećenog prostora i najbližeg hidranta ne smije biti veća od 80 m, niti manja od 5 m.[5]

Udaljenost između dva susjedna vanjska hidranta mora iznositi do 150 m, ako posebnim propisom nije drugačije određeno.[5] U naseljima sa samostojećim obiteljskim kućama udaljenost između dva susjedna vanjska hidranta smije iznositi najviše 300 m.[4] Vanjska hidrantska mreža za gašenje požara mora imati siguran izvor vode kapaciteta da može opskrbiti minimalno propisanom protočnom količinom vode koja je potrebna za zaštitu požarnog sektora s najvećim požarnim opterećenjem građevine koja se štiti, uz tlak na hidrantu koji nije manji od tlaka propisanog Pravilnikom o hidrantskoj mreži za gašenje požara (Narodne novine br. 8/06) u trajanju od najmanje 120 minuta.[4] Vanjska hidrantska mreža na području Rafinerije nafte Sisak je namijenjena za posredno gašenje požara, odnosno posredstvom vatrogasnih vozila te će biti opisana u idućem poglavlju rada s obzirom da se ubraja u stabilne sustave za hlađenje i gašenje požara.

## 5.\_STABILNI I POLUSTABILNI SUSTAVI ZA HLAĐENJE I GAŠENJE U RNS

Stabilni sustavi zaštite od požara zbog svojih prednosti temelj su aktivne zaštite od požara na tehnološkim postrojenjima, a posebice na petrokemijskim postrojenjima poput Rafinerije nafte Sisak. Zbog karakteristika zapaljivog medija na takvim postrojenjima požare karakterizira visoka temperatura, eksplozija, velika površina opožarenog područja, pa su najbolji izbor stabilni sustavi s automatskim radom. Prednost ovih sustava je što djeluju odmah kroz dojavu požara čime eliminiraju moguću ljudsku pogrešku.[5]

Dojavom požara se automatski aktivira i aplikacija sredstva za gašenje koje se nalazi u spremnicima sustava te dolazi do brzog i učinkovitog gašenja bez opasnosti za ljudske živote. Radi se o skupim sustavima, no pružaju puno veću i sigurniju zaštitu ljudskih života i materijalnih dobara, a kroz smanjene troškove osiguranja pokazuju se kao dobra investicija.

Razlikuju se sljedeći stabilni sustavi za gašenje požara:

- uređaji s automatskim radom\_za aktiviranje i postupak gašenja nije potrebna ljudska aktivnost,
- uređaji s neautomatskim radom \_za gašenje požara koriste gasitelji.

Stabilni sustavi s automatskim radom su:

- sustavi tipa sprinkler,
- sustavi tipa drencher,
- sustavi s ugljičnim dioksidom,
- sustavi s halonom ( zabranjena upotreba od 1.1.2006.),
- sustavi s tzv. „clear agentom“ (FM-200, NOVEC 1230),
- bacači pjene i vode.[5]

Stabilni sustavi bez automatskog rada su:

- unutarnja hidrantska mreža,
- vanjska hidrantska mreža,
- uređaji za gašenje vodom i pjenom u sklopu s vatrogasnim motornim vozilom.[4]

Polustabilni sustav hlađenja i gašenja koji se koristi u Rafineriji nafte Sisak je polustabilni sustav gašenja požara pjenom. Slijedi detaljniji opis karakteristika svih stabilnih i polustabilnih sustava za hlađenje i gašenje u Rafineriji nafte Sisak čija su potrojenja izgrađena 70-ih godina prošlog stoljeća te je zaštita od požara izvedena sustavima bez automatskog rada.

### **5.1. Stabilni i polustabilni sustavi za gašenje požara pjenom**

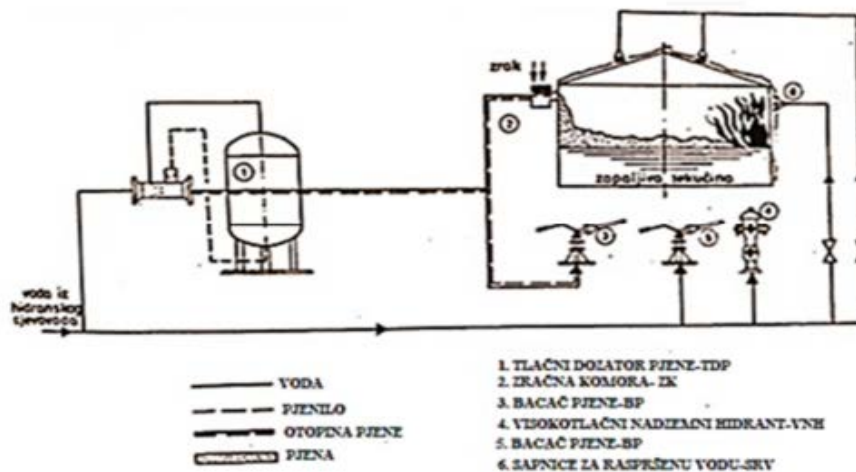
Rafinerija nafte Sisak kao petrokemijska industrija i skladišni prostor koji skladišti derivate nafte u spremnike opremljena je zaštitom spremnika upravo stabilnim i polustabilnim sustavima za gašenje požara. Stabilni i polustabilni sustavi za gašenje požara pjenom najčešće se koriste zračnom pjenom kao sredstvom za gašenje.

Vrste pjenila koja se koriste pri gašenju požara su :

1. Proteinska pjenila (P),
2. Fluoroproteinska pjenila (FP i FFFP),
3. Sintetska pjenila (S),
4. Fluorosintetska pjenila (AFFF),
5. Polivalentna – alkoholna pjenila (AR).[8]

### 5.1.1.\_Stabilni sustavi za gašenje požara pjenom

Stabilni uređaji za gašenje požara zračnom pjenom su fiksne instalacije koje se sastoje od izvora vode i sistema za opskrbu vodom, od sistema za opskrbu i miješanje pjenila s vodom, od razvodnog cjevovoda s ventilima i drugim armaturama, od mlaznica za ubacivanje pjene na projektirano mjesto ili bacača voda/pjena s kojim se tako dobivena pjena baca na željeno mjesto.[5] U rafineriji nafte Sisak ovakvi sustavi imaju opskrbu vode iz hidrantske mreže, a pjenilo se nalazi unutar spremnika tlačnih dozatora pjene kao što je vidljivo na slici 10.



Slika 10. Shematski prikaz rada tlačnog dozatora pjene.[5]

Ovaj uređaj se sastoji od spremnika s ugrađenom fleksibilnom membranom, proporcionatorom i pratećeg cijevnog razvoda, a potrebnu energiju za rad dobiva korištenjem tlaka vode u hidrantskom cjevovodu.[5] Aktivira se ručno otvaranjem ventila za vodu koji propušta vodu kroz mješač vode i pjenila. Propuštanjem vode u spremnik plastični balon se skuplja i istiskuje pjenilo iz balona. Istisnuto pjenilo iz spremnika usmjerava se u mješač, gdje se pjenilo i voda miješaju u omjeru koji je određen u mješaču, ovisno o pjenilu koje se koristi.

U Rafineriji se u TDP-u koristi Proflex 3 (FFFP) pjenilo koje se u mješaču miješa s vodom u omjeru 3% pjenila i 97% vode.[4] Ta mješavina dalje cjevovodom struji do bacača voda/pjena gdje se mješavina opjenjuje uz prisustvo zraka te nanosi na požar.

### 5.1.2. Polustabilni sustavi za gašenje požara pjenom

Polustabilni sustav gašenja pjenom se sastoji od fiksnih cjevovoda razvedenih oko spremnika na kraju kojih su ugrađene zračne komore za proizvodnju pjene sa ulazom pjene u štice spremnik u slučaju požara.[8] Na početku cjevovoda su fiksne vatrogasne „storz“ spojke za priključenje vatrogasnih vozila pomoću tlačnih cijevi kako je vidljivo na slici 11.



Slika 11. Polustabilni sustav za gašenje požara pjenom.[5]

Polustabilni sustav za gašenje požara pjenom je opremljen zasunskim armaturama za aktiviranje i armaturama za drenažu. Gašenje se vrši priključenjem vatrogasnog vozila odgovarajućeg kapaciteta pumpe koja tlači mješavinu vode i pjenila prema zračnoj komori i štice spremniku. Na komori u mješavinu vode i pjenila usisava se zrak i stvara pjena koja ulazi u štice spremnik.[5] Koristi se pjenilo koje se nalazi u vatrogasnim vozilima, profesionalne vatrogasne postrojbe Rafinerije nafte Sisak „IVS“. Tablica 4 prikazuje karakteristike osnovnih dijelova ovog sustava za gašenje požara.

Tablica 4. Karakteristike osnovnih dijelova polustabilnog sustava za gašenje požara.[5]

Tehnološka oznaka spremnika	Vrsta medija	Volumen spremnika (m <sup>3</sup> )	Vrsta krova	Komore za pjenu	
				Tip	Broj
R-202	Laki ostatak	20000	fiksni	/	/
R-203	Benzin	5000	fiksni	AF 15	2
R-204	Dizel gorivo	5000	fiksni	AF 15	2
R-206	Benzin	3300	fiksni	AF 30	2
R-207	Dizel gorivo	4000	fiksni	AF 30	2
R-208	Lož ulje	4400	fiksni	/	/
R-209	Sirova nafta	5000	fiksni	AF 30	2
R-210	Sirova nafta	5000	fiksni	FKS 180	4
R-300	Dizel gorivo	10000	fiksni	AF 30	5
R-301	Dizel gorivo	10000	fiksni	AF 30	5
R-302	MTBE	5000	fiksni	AF 30	3
R-303	Benzin	5000	fiksni	AF 30	3
R-304	Benzin	5000	fiksni	AF 30	3
R-305	Dizel gorivo	10000	fiksni	AF 30	5
R-306	Dizel gorivo	10000	fiksni	AF 30	5
R-307	Benzin	5000	fiksni	AF 30	3
R-308	Benzin	5000	fiksni	AF 30	3
R-309	Benzin	5000	fiksni	AF 30	3
R-405	Benzin	10000	plivajući	AF 30	8
R-406	Benzin	10000	plivajući	AF 30	8
R-407	Benzin	10000	plivajući	AF 30	8
R-408	Benzin	10000	plivajući	AF 30	8
R-409	Benzin	10000	fiksni	KP 17/32	4
R-410	Benzin	10000	fiksni	KP 17/32	4
R-411	Dizel gorivo	20000	fiksni	KP 17/32	6
R-412	Dizel gorivo	20000	fiksni	KP 17/32	6
R-701	Benzin	20000	fiksni	KP 17/34	6
R-702	Dizel gorivo	20000	fiksni	KP 17/34	6
R-703	Dizel gorivo	10000	plivajući	AF 30	6
R-704	Benzin	10000	plivajući	AF 30	6
R-705	Benzin	10000	plivajući	AF 30	6
R-706	Benzin	20000	fiksni	KP 17/34	6
R-707	Benzin	20000	fiksni	KP 17/34	6
R-801	Slop	20000	plivajući	AF 30	11
R-802	Sirovina	30000	plivajući	FKO 30	14
R-803	Sirovina	30000	plivajući	AF 30	14
R-804	Sirovina	30000	plivajući	AF 30	14

Dobava vode u vatrogasno vozilo vrši se putem rafinerijske hidrantske mreže iz vanjskih, odnosno nadzemnih hidranata.

## 5.2.\_Uređaji za gašenje požara raspršenom vodom

Stabilni uređaji za gašenje požara raspršenom vodom, tzv. drencher uređaji namijenjeni su gašenju požara koji se brzo širi u određenim prostorima. Sredstvo gašenja drencher uređaja je voda, a zadaća je odvajanje dijela prostora koji je zahvaćen požarom (vodena zavjesa), hlađenje spremnika tekućina s niskim plamištem te gašenje postrojenja.[8] Razlika u odnosu na sprinkler sustav je prvenstveno u tome što su mlaznice na cjevovodu otvorene, odnosno nemaju toplinski osjetljivi element.[8]

Cjevovod je povezan s izvorom vode preko drencher ventilske stanice. Na početku cjevovoda iza izvora vode nalazi se drencher ventil što je vidljivo na slici 11 kao dio drencher ventilske stanice. Vodom iz cijevne mreže jednog drencher ventila polijeva se istovremeno cjelokupna površina kako je prikazano na slici 13. Ovaj se sustav najviše koristi u naftnoj industriji, spremnicima goriva, kablovskim kanalima, postrojenjima za reciklažu i slično.



Slika 12. Glavni ventil za ručno otvaranje tzv. Drencher sustava.[5]

S obzirom da na mlaznicama nema toplinski osjetljivog elementa, a cjevovod je pod



atmosferskim tlakom, drencher ventil se može aktivirati na različite načine. Tablice 5 prikazuje karakteristike osnovnih dijelova drencher sustava.

Tablica 5. Karakteristike osnovnih dijelova drencher sustava za gašenje požara.[5]

Tehnološka oznaka spremnika	Vrsta medija	Volumen spremnika (m <sup>3</sup> )	Štićena površina (m <sup>2</sup> )		Vrsta krova	Tip mlaznice za raspršenu vodu		Broj mlaznica za raspršenu vodu (kom)	
			Plast	Krov		Plast	Krov	Plast	Krov
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R-202	Laki ostatak	20000	1687	1655	fiksni	KUVM 4,5	KVM 8	154	/
R-203	Benzin	5000	938	346	fiksni	KUVM 4,5	KVM 8	76	7
R-204	Dizel gorivo	5000	814	432	fiksni	KUVM 4,5	KVM 8	75	8
R-206	Benzin	3300	552	363	fiksni	KUVM 4,5	KVM 8	49	8
R-207	Dizel gorivo	4000	669	397	fiksni	KUVM 4,5	KVM 8	60	8
R-208	Lož ulje	4400	720	432	fiksni	KUVM 4,5	KVM 8	64	/
R-209	Sirova nafta	5000	720	432	fiksni	KUVM 4,5	KVM 8	64	/
R-300	Dizel gorivo	10000	1131	867	fiksni	KUVM 4,5	KVM 8	99	15
R-301	Dizel gorivo	10000	1131	867	fiksni	KUVM 4,5	KVM 8	99	15
R-302	MTBE	5000	804	432	fiksni	KUVM 4,5	KVM 8	71	8
R-303	Benzin	5000	804	432	fiksni	KUVM 4,5	KVM 8	71	8
R-304	Benzin	5000	804	432	fiksni	KUVM 4,5	KVM 8	71	8
R-305	Dizel gorivo	10000	1131	867	fiksni	KUVM 4,5	KVM 8	99	15
R-306	Dizel gorivo	10000	1131	867	fiksni	KUVM 4,5	KVM 8	99	15
R-307	Benzin	5000	804	432	fiksni	KUVM 4,5	KVM 8	71	8
R-308	Benzin	5000	804	432	fiksni	KUVM 4,5	KVM 8	71	8
R-309	Benzin	5000	804	432	fiksni	KUVM 4,5	KVM 8	71	8
R-405	Benzin	10000	124	92,6	plivajući	KUVM 4,5	/	112	/
R-406	Benzin	10000	124	92,6	plivajući	KUVM 4,5	/	112	/
R-407	Benzin	10000	124	92,6	plivajući	KUVM 4,5	/	112	/

Najčešća je kombinacija aktiviranja drencher ventila je pomoću ostalih sustava iz štíćenog prostora, a to su :

- pneumatski sustav (uzbudni cjevovod ispunjen zrakom do određenog tlaka),
- hidraulički sustav (uzbudni cjevovod ispunjen tekućinom),
- električki sustav (preko sustava dimnih, toplinskih, optičkih javljača požara ili sustava termovizije),
- ručno (ručnim pritiskom tipkala u štíćenom prostoru ili otvaranjem ventila za aktiviranje na samom drencher ventilu).[8]



Slika 13. Drencher sustav mlaznica.[5]

S jednog ili više navedenih uzбудnih sustava prosljeđuje se signal na upravljačku centralu drencher sustava, a zatim sa upravljačke centrale, poslije primitka naloga za aktiviranje te nakon zadržke i potvrde, dolazi do otvaranja drencher ventila i gašenja požara.[5] Na području Rafinerije nafte Sisak nalaze se drencher sustavi koji se aktiviraju ručno i pneumatski. Ručno aktiviranje moguće je na svim sustavima za hlađenje spremnika i objekata na postrojenjima, a sustav je spojen na hidrantsku mrežu Rafinerije. Jedini sustav koji se aktivira pneumatski te se može aktivirati i ručno je sustav čija je zadaća gašenje i hlađenje punilišta autocisterni s derivatima.

### **5.3.\_Stabilni sustavi za gašenje požara vodenom parom**

Upotreba uređaja za gašenje vodenom parom je u praksi izrazito rijetka, a moguća je samo na objektima koji imaju stalnu veliku zalihu vodene pare kao što su primjerice energane, kotlovnice i slično. Stabilni uređaji gase požar na principu smanjenja koncentracije kisika ili plinovite faze goriva u zraku. Za efikasno gašenje požara potrebno je u kratkom vremenu 40% volumena objekta ispuniti vodenom parom.[9] U Rafineriji nafte Sisak gašenje požara s vodenom parom se primjenjuje na vrućim pumpama, tehnološkim kanalima, ložištima peći, prirubnicama vrućih izmjenjivača i reaktora.[5] Sustavi se sastoje iz dovodnih parnih cjevovoda i zapornih armature.[5]

Na štíćenom prostoru procesne peći, linije parnog cjevovoda razvedene su do cijevnog prstena oko peći na koji su spojeni ulazni parovodi u ložište peći i ugrađene sapnice za paru koje omogućuju ravnomjerno i brzo punjenje štíćenog prostora parom.[5] Na ostalim štíćenim objektima izmjenjivačima, vrućim pumpama, tehnološkim slop kanalima linije parnog cjevovoda su razvedene s ugrađenim sapnicama za paru preko kojih se ravnomjerno puni štíćeni prostor s vodenom parom.[5]

Prema NFPA standardu 86A potrebno je upotrijebiti pregrijanu paru visokog tlaka. Početni kapacitet vodene pare za gašenje požara treba biti 1,3 kg u minuti po m<sup>3</sup> objekta, pri tlaku na mlaznici 1,05 bara.[9] Opskrba vodenom parom vrši se iz Energane II na KP-6. Protupožarna para koju daje Energana II, Rafinerije nafte Sisak je temperature 220 °C i tlaka 14 bara, što zadovoljava standard.[8]

### **5.4.\_Bacači voda/pjena**

U svrhu zaštite od požara Rafinerija nafte Sisak ima postavljene stabilne i mobilne bacače vode i pjene. Ti bacači su u biti velike mlaznice koje pod tlakom izbacuju velike količine vode ili pjene na velike udaljenosti. Danas se proizvode bacači s protocima od

1000 pa do 80000 l/min i dometima do 240 m.[10] Samo veliki protoci mogu imati i velike domete mlaza vode.

Prema sredstvu za gašenje bacači se dijele na :

- bacači za gašenje požara vodom (puni mlaz ili puni i raspršeni mlaz),
- bacači za gašenje požara pjenom (teškom ili neaspiriranom),
- bacači za gašenje požara vodom i pjenom.[10]

Prema načinu postavljanja bacači se dijele na :

- stacionarne (stabilne),
- mobilne (prijevozni ili prijenosni).[8]

Prema načinu upravljanja bacači se dijele na :

- ručno upravljane,
- daljinski upravljane,
- samooscilirajuće.[8].

Prema načinu usisa pjenila bacači se dijele na :

- bacače koji rade s gotovom mješavinom (usis pjenila na mješaču vozila, stabilnog sustava i slično),
- bacače koji imaju usis pjenila na mješaču na ulaznom otvoru bacač,
- samousisivajuće bacače.[9]

Stabilni bacači voda/pjene u Rafineriji nafte Sisak locirani su oko :

- punilišta željezničkih cisterni,
- postrojenja SRU,
- postrojenja KP-5 – Luka Crnac.

Mobilni prijevozni bacači su raspoređeni oko postrojenja na KP-6 i KP-7. Kako su ova postrojenja služila za preradu nafte što zahtijeva velike temperature i tlakove smatralo se da je bolje da su oko takvih postrojenja postavljeni mobilni bacači koji se mogu prevesti na područje požara u slučaju potrebe te na taj način pojačati aplikaciju pjene na požarište.

#### **5.4.1.\_Stabilni bacači voda/pjena na punilištu željezničkih cisterni**

Stabilni bacači voda/pjena na području Rafinerije nafte Sisak oznaka PT-301, PT-302, PT-303 i PT-304 locirani su oko punilišta željezničkih cisterni tekućih derivata koje je smješteno na prostoru Logistike, lokacija Sisak što je vidljivo na slici 14. Bacači su instalirani na tornjevima visine 8 m i namijenjeni su za zaštitu na vagon punilištu u slučaju požara.[5] Gašenje požara zračnom pjenom preko bacača, vrši se preko vatrogasnih vozila koja se pomoću tlačnih vatrogasnih cijevi spajaju na priključke bacača. Na ovaj način iz vozila se tlači mješavina voda/pjenilo do mlaznice bacača gdje se usisavanjem zraka stvara zračna pjena koju bacač izbacuje na požar.



Slika 14. Stabilni bacači voda/pjena na MM2.[5]

Stabilni bacači voda/pjena locirani su oko punilišta željezničkih cisterni tekućih derivata na prostoru Logistike, na lokaciji Sisak. Bacači su spojeni na hidrantsku mrežu Rafinerije.

Tehničke karakteristike stabilnih bacača na željezničkom punilištu prikazani su u tablici 6.

Tablica 6. Tehničke karakteristike stabilnih bacača na željezničkom punilištu.[5]

Tehnološka oznaka	Proizvođač	Okretanje		Kapacitet (l/min)	Radni tlak (bar)	Domet (m)	
		Horizontalno (°)	Vertikalno (°)			Voda	Pjena
PT-301	Vatrosprem	360	-15+75	2400	8	60	50
PT-302	Vatrosprem	360	-15+75	2400	8	60	50
PT-303	Vatrosprem	360	-15+75	2400	8	60	50
PT-304	Vatrosprem	360	-15+75	2400	8	60	50

Promjer usnaca mlaznice bacača je 40 mm.[5]

#### 5.4.2. Stabilni bacači voda/pjena oko postrojenja SRU

Stabilni bacači imaju funkciju zaštite od požara na postrojenju za rekuperaciju sumpora i pretakališta tekućeg sumpora. Na postrojenju SRU ugrađeno je 6 bacača koji su instalirani na nadzemne hidrante što je prikazano na slici 15.



Slika 15. Stabilni bačaci vode na SRU.[5]

Sa svrhom aktivacije bacača koristi se leptirasti ventil sa zaporom. Bacači na hidrantima su raspoređeni oko postrojenja i pretakališta uz požarne puteve, te im je omogućen siguran i nesmetan pristup. Tablica 7 prikazuje tehničke karakteristike bacača vode na SRU.

Tablica 7. Tehničke karakteristike bacača vode na SRU.[5]

Tehnološka oznaka i model	Proizvođač i godina proizvodnje	Okretanje		Nazivni protok (l/min)	Radni tlak (bar)	Domet (m)
		Horizontalno	Vertikalno			Voda
SB-381 MB3-GN-20	FAS SpA ITALIJA 2007 g	360°	-15° + 75°	2000	7	50
SB-382 MB3-GN-20	FAS SpA ITALIJA 2007 g	360°	-15° + 75°	2000	7	50
SB-383 MB3-GN-20	FAS SpA ITALIJA 2007 g	360°	-15° + 75°	2000	7	50
SB-384 MB3-GN-20	FAS SpA ITALIJA 2007 g	360°	-15° + 75°	2000	7	50
SB-385 MB3-GN-20	FAS SpA ITALIJA 2007 g	360°	-15° + 75°	2000	7	50
SB-386 MB3-GN-20	FAS SpA ITALIJA 2007 g	360°	-15° + 75°	2000	7	50

Ovi su bacači namijenjeni isključivo za rad s raspršenom vodom, ne i pjenom. Promjer usnaca bacača je 34 mm.[10]

#### 5.4.3. \_Bacači voda/pjena na KP-5

Oko postrojenja KP-5, sekcija 301 i 8001, nalaze se dva stabilna bacača voda/pjena čija je zadaća hlađenje i gašenje požara vodom i pjenom.[5] Bacači su spojeni na hidrantsku mrežu Rafinerije i zahtijevaju ručno otvaranje ventila. Bacači imaju dvije cijevi od kojih jedna služi za gašenje pjenom, a druga hlađenje i gašenje punim mlazom vode kako je prikazano na slici 16.

Pjena na bacačima se dobiva na način da vatrogasci spoje vatrogasno vozilo na za to predviđeno mjesto na tijelu bacača te vatrogasno vozilo služi kao mobilni spremnik pjenila, a voda koja struji bacačem pod tlakom te usisava pjenilo iz vozila, nakon čega se na mlaznici takva mješavina vode i pjenila pretvara u pjenu i gasi se požar.



Slika 16. Stabilni bacači voda/pjena na KP-5.[5]

U tablici 8 su prikazane tehničke karakteristike bacača voda/pjena na KP-5.

Tablica 8. Tehničke karakteristike bacača voda/pjena na KP-5.[5]

Tehnološka oznaka		SBV-3	SBV-4
Proizvođač		MW Njemačka	MW Njemačka
Okretanje	Horizontalno	360°	360°
	Vertikalno	-15° + 75°	-15° + 75°
Kapacitet (l/min)		2600-3000	2600-3000
Radni tlak (bar)		8-10	8-10
Domet	Voda	60	60
	Pjena	50	50
Promjer usnaca mlaznice		38 mm	38 mm

Poštivanje zadanih standarda je nezaobilazno jer je to jedini način da se ostvari uspjeh gašenja i pri najekstremnijim uvjetima.



#### 5.4.4.\_ Stabilni bacači u luci Crnac

Luka Crnac je pristanište riječnih tankera koji prevoze većinom slavonsku naftu, a nalazi se na rijeci Savi i sastavni je dio organizacijske jedinice Logistika, terminali Sisak. Za zaštitu kod pretovara nafte iz teglenice u sustav cjevovoda, služe stabilni bacači voda/pjena kojih ima sedam komada. Tablica 9 prikazuje tehničke karakteristike bacača voda/pjena u Luci Crnac.

Tablica 9. Tehničke karakteristike bacača voda/pjena u Luci Crnac.[5]

Tehnološka oznaka i model	Proizvođač i godina proizvodnje	Okretanje		Nazivni protok (l/min)	Radni tlak (bar)	Domet (m)
		Horizontalno	Vertikalno			Voda Pjena
11-01 KM-L-4X	JURING 1999	360°	-15° + 75°	3500	8	50/45
11-02 KM-L-4X	JURING 1999	360°	-15° + 75°	3500	8	50/45
11-03 KM-L-4X	JURING 1999	360°	-15° + 75°	3500	8	50/45
11-04 KM-L-4X	JURING 1999	360°	-15° + 75°	3500	8	50/45
11-05	JURING					

Bacači su spojeni na hidrantsku mrežu rafinerije, a gašenje pjenom se vrši preko TDP-a na način da se ručno otvori ventil koji propušta vodu u spremnik gdje se plastični balon skuplja i istiskuje pjenilo iz balona.[5] Istisnuto pjenilo iz spremnika usmjerava se u mješač, gdje se pjenilo i voda miješaju u omjeru 3% pjenila i 97% vode. U plastičnim balonima 2 tlačna dozatora kapaciteta pjenila 5000 litara, nalazi se pjenilo Proflex 3 (FFFP).[10] Ta mješavina dalje struji do bacača gdje se opjenjuje uz prisustvo zraka, a ta se pjena zatim putem bacača kojima upravlja vatrogasac, aplicira na požar na privezištu teglenice.

#### 5.4.2.\_Mobilni prijevozni bacači voda/pjena oko postrojenja KP-6

Mobilni prijevozni bacači koji su postavljeni oko postrojenja KP-6 služe za gašenje požara pjenom ili hlađenjem vodom kako je prikazano na slici 17.



Slika 17. Mobilni bacač voda/pjena tipa "Juring" na KP-6 [5]

Tablica 10 prikazuje tehničke karakteristike bacača voda/pjena oko postrojenja KP-6.

Tablica 10. Tehničke karakteristike bacača voda/pjena na postrojenju KP-6.[5]

Tehnološka oznaka	Proizvođač i lokacija	Okretanje		Nazivni protok (l/min)	Radni tlak (bar)	Domet (m)
		Horizontalno	Vertikalno			Voda/Pjena
MB-27	VATROSPREM Kod sekcije 6100	360°	-15° + 75°	2400	8,5	50/45
MB-4	ALCO Uz PP-24 na kraju sekcije 6100	360°	-15° + 75°	2400	8,5	50/45
MB-5	JURING Uz PP-21	360°	-15° + 75°	3500	8,5	70/65
MB-6	JURING Uz PP-21	360°	-15° + 75°	3500	8,5	70/65
MB-7	JURING Uz PP-21 kod sekcije 6200/300	360°	-15° + 75°	3500	8,5	70/65
MB-8	JURING Uz PP-21 kod sekcije 6200/300	360°	-15° + 75°	3500	8,5	70/65
MB-9	JURING Uz PP-21 kod sekcije 6400/500	360°	-15° + 75°	3500	8,5	70/65
MB-10	ALCO Uz PP-VI/66	360°	-15° + 75°	2400	8,5	50/45
MB-11	ALCO Uz PP-24 kod H-6101	360°	-15° + 75°	2400	8,5	50/45
MB-12	ALCO Uz PP-VI/66	360°	-15° + 75°	2400	8,5	50/45

Gašenje pjenom se vrši na način da vatrogasno vozilo tlači mješavinu pjenila i vode, a pjena za gašenje se stvara kod uvlačenja zraka na mlaznici.

### 5.4.3.\_Mobilni prijevozni bacači na KP-7

Oko postrojenja KP-7 je smješteno ukupno šest prijevoznih bacača koji za gašenje požara koriste ne aspiriranu pjenu što je vidljivo na slici 18.



Slika 18. Mobilni bacač voda/pjena na KP-7.[5]

Tablica 11 prikazuje popis mobilnih prijevoznih bacača oko postrojenja KP-7.

Tablica 11. Mobilni prijevozni bacači oko postrojenja KP-7.[5]

Tehnološka oznaka	Proizvođač i lokacija	Okretanje		Nazivni protok (l/min)	Radni tlak (bar)	Domet (m)
		Horizontalno	Vertikalno			Voda i neaspirira na pjena
MB-21	JURING-KM-2V-3X Uz PP-27	180°	-15° + 75°	4000	8	45
MB-22	JURING-KM-2V-3X Uz PP-27	180°	-15° + 75°	4000	8	45
MB-23	JURING-KM-2V-3X Uz PP-27	180°	-15° + 75°	4000	8	45
MB-24	JURING-KM-2V-3X Uz PP-X/101	180°	-15° + 75°	4000	8	45
MB-25	JURING-KM-2V-3X Uz PP-X/101	180°	-15° + 75°	4000	8	45
MB-26	JURING-KM-2V-3X Uz PP-X/101	180°	-15° + 75°	4000	8	45

Ovi bacači smješteni oko postrojenja KP-7 podešavanjem na mlaznici bacača mogu gasiti požar i hladiti opremu kao raspršeni mlaz.

## 5.5. Vanjska hidrantska mreža

Hidrantska mreža Rafinerije nafte Sisak je prema vrsti vanjska hidrantska mreža te je dio stabilnog sustava za gašenje od požara na području Rafinerije. Vanjska hidrantska mreža u Rafineriji Sisak i izgrađena je prstenasto oko svih štíćenih objekata. Dužina cjevovoda same hidrantske mreže je 29.160 m.[5] Tablica 12 prikazuje promjer i dužinu cjevovoda hidrantske mreže Rafinerije nafte Sisak.

Tablica 12. Promjer i dužina cjevovoda hidrantske mreže Rafinerije nafte Sisak [5]

Promjer cjevovoda (inch)	Dužina cjevovoda (m)
24"	2 500
18"	3 910
16"	950
14"	13 410
10"	7 740
8	350
6	300
<b>UKUPNO</b>	<b>29 160</b>

Vatrogasnom vodom iz vanjske hidrantske mreže se opskrbljuju :

- stabilni sustavi za hlađenje raspršenom vodom (drencher),
- stabilni bacači voda/pjena,
- mobilni bacači voda/pjena,
- vatrogasna vozila,
- nadzemni hidranti.

Na dijelovima cjevovoda za odvajanje pojedinih požarnih sektora ugrađene su dijelne armature kako bi se u slučaju oštećenja pojedinih dijelova sustava isti mogli izolirati do sanacije. Direktno na ovaj sustav spojeni su nadzemni hidranti, stabilni sustavi za hlađenje raspršenom vodom tipa drencher i stabilni bacači voda/pjena, dok se vatrogasna vozila i mobilni bacači voda/pjena napajaju vatrogasnom vodom iz nadzemnih hidranata uz pomoć tlačnih vatrogasnih cijevi promjera  $\phi 110$  mm i  $\phi 75$  mm.[5]

Nadzemni hidranti se ne koriste za direktno gašenje požara, već za dopunu vatrogasnih vozila, u asistencijama. Nadzemni hidranti Rafinerije nafte Sisak tipa RNS prikazani su na slici 19.



Slika 19. Nadzemni hidrant tipa RNS.[5]

Nadzemni hidranti Rafinerije nafte Sisak tipa RNS se nalaze na posebno izrađenim šahtovima sa metalnim poklopcima, a sačinjeni su od :

- tijela hidranta sa „Storz“ spojnicama 1 x  $\phi$ 110 mm i 2 x  $\phi$ 75 mm,
- zasuna za aktiviranje,
- drenažnog zasuna.[5]

Na području Rafinerije nafte Sisak ukupno je instalirano 336 nadzemnih hidranata dvije vrste tehničke izvedbe.[5] Nadzemni hidranti tipa „Silvani“ prikazan na slici 20 nalaze se ukopani u zemlji, a sastoje se od tijela hidranta sa «Storz» spojnicama 1 x  $\phi$ 110 mm i 2 x  $\phi$ 75 mm.[5] Zasun za aktiviranje nalazi se u tijelu hidranta kao i ispust. Razmak između dva susjedna hidranta je između 40m i 50m, dok je kapacitet svakog pojedinog hidranta minimalno 28 l/s.[5]

Kao izvor vodnog napajanja hidrantske mreže služi ranije u tekstu opisani izvor vode, rijeka Kupa. Središte sustava hidrantske mreže Rafinerije je vatrogasna pumpaonica

koja opskrbljuje mrežu vodom i tlakom. Voda se doprema iz crpilišta, bunara „Kupa 2“ koji se nalazi iznad ušća na rijeci Kupi.



Slika 20. Nadzemni hidrant tipa „Silvani“.[5]

Ovaj bunar služi za snabdijevanje retencionih bazena u Vatrogasnoj pumpaoni (DCV), a iz bazena se voda crpi za vatrogasne i tehnološke potrebe.[5] U slučaju potrebe retencioni bazeni mogu se snabdijevati s vodom iz gradske vodovodne mreže.

## 6.PRIMJER GAŠENJA POŽARA NA SPREMNIKU S PLUTAJUĆIM KROVOM

Požari na spremnicima u rafinerijama događaju se rijetko, no jedan požar tog tipa bio je požar nadzemnog spremnika sa plutajućim krovom R-802 za vrijeme trajanja Domovinskog rata. Spremnik je služio za prihvatanje domaće nafte s moslavačkih nalazišta. Spremnik je obrubljen zaštitnim zemljanom nasipom koji služi za zadržavanje izlivena tekućine.[5] Opremljen je stabilnim sustavom za hlađenje vodom i polustabilnim sustavom za gašenje požara pjenom. Ukupni volumen spremnika R-802 iznosi 30000 m<sup>3</sup>, a promjer spremnika je 54,8 m, dok je visina 13,4 m [8].

Granata je probila plašt spremnika, nakon čega je započelo razlijevanje nafte u zaštitni bazen te je došlo do požara koji je zahvatio površinu od oko 4500-5000 m<sup>2</sup> [8]. Unutar spremnika požar je zahvatio cjelokupnu površinu prstena plivajućeg krova. Plivajući krov je ostao na površini tekućine. Vatrogasci su alarmirani ručnim javljačem požara i izašli su na požar sa 5 navalnih vozila. Gašenje je započeto teškom pjenom s bacačima na vozilima kapaciteta 5000 l/min i polustabilnim sustavima za gašenje pjenom spremnika.[5] Slika 22 prikazuje navalno vozilo Rafinerije nafte Sisak u akciji gašenja požara na spremniku R-802.



Slika 22. Navalno vozilo Rafinerije nafte Sisak u akciji gašenja požara na spremniku R-802.[8]

Na dotičnom je spremniku smješteno 14 komora za stvaranje pjene tipa FKO 30, ukupnog



kapaciteta 160 l/min po komori kod 3,5 bara.[5] U akciji gašenja požara na spremniku R-802 sudjelovalo je ukupno 25 vatrogasaca te 3 radnika koji su pomagali s tehnološke strane [8]. Tijekom akcije gašenja požara spremnika nafte i naftnih derivata uvijek se mora voditi računa o efektu tzv. „prekipljenja" (engl. boilover) što podrazumijeva snažno izbacivanje zapaljive tekućine iz spremnika uzrokovano naglim isparavanjem vode koja se nalazi unutar volumena tekućine, pri čemu se toplinski val spušta po visini tekućine i na koncu stiže do vode koja se nalazi na dnu spremnika.[11] Slika 23 prikazuje spremnik R-802 nakon završene akcije gašenja požara.



Slika 23. Spremnik R-802 nakon završene akcije gašenja požara.[8]

Tijekom opisane akcije gašenja požara potrošeno je ukupno 15.000 litara pjenila za gašenje zaštitnog bazena i oko 2000 litara za gašenje prstena plutajućeg spremnika [8]. U akciji gašenja tlak u hidrantskoj mreži je preko vatrogasne pumpaonice podignut na 14 bara te je bio ključan čimbenik u gašenju spremnika. Za gašenje i hlađenje spremnika je utrošena ogromna količina vode, no ni u jednom trenutku tijekom akcije gašenja vode nije nedostajalo. Požar spremnika i zaštitnog bazena je uspješno ugašen za 3 sata.[8]



## 7. ZAKLJUČAK

Posljednjih desetak godina požari i eksplozije u rafinerijama su rijetka pojava, izuzev onih koji su se zbili tijekom ratnih djelovanja, a jedan je takav požar na spremniku R-802 u Rafineriji nafte Sisak opisan i u ovom radu. Razlog tome što su požari i eksplozije u rafinerijama rijetki je dobro organizirana preventiva određena pravilnim rukovanjem i skladištenjem nafte i naftnih derivata na najvišoj razini sigurnosti. Dogodi li se požar, važan je pravilan postupak vatrogasne postrojbe te unaprijed osmišljen detaljan plan zajedničkog djelovanja kako bi se izbjegle ljudske žrtve i smanjile štete na materijalnim dobrima na najmanju moguću mjeru. Da bi se postigli takvi rezultati važno je upoznati interventno osoblje sa opasnostima prilikom izbijanja, te o postupcima za pravilno gašenje. Gašenje požara spremnika nafte i naftnih derivata nije moguće ako tome na prethodi kvalitetna priprema, ako prije gašenja nisu predviđene sve moguće situacije te ako gasiteljima nisu na raspolaganju dovoljne količine sredstva za gašenje.

Osnovno je pravilo da se tek nakon što je zaključeno da su svi potrebni uvjeti ispunjeni krene u akciju gašenja, inače se nepotrebno osoblje izlaže pogibelji i rasipaju sredstva za gašenje od kojih su za obuzdavanje te gašenje požara najbitnija stabilni i polustabilni sustavi za hlađenje i gašenje. Stabilni i polustabilni sustavi za hlađenje i gašenje u Rafineriji nafte Sisak su instalirani su bez automatskog rada te se samim time otvara mogućnost kašnjenja ili pogreške uzrokovane ljudskom greškom, što je temeljni nedostatak takvih sustava. Vrlo je važna adekvatna te pravovremena edukacija, osposobljenost te uvježbanost svih koji imaju pristup rukovanju takvim sustavima. Prednosti stabilnih i polustabilnih sustava za hlađenje i gašenje su u njihovoj robusnosti i to što uz redovito servisiranje rijetko postoji mogućnost da takav tip sustava zakaže.

Rafinerija nafte Sisak je prema odluci Uprave od 2020. godine u konzervaciji te je u njoj zaustavljena prerada nafte do daljnjeg, a rizici i opasnosti od požara samim tim su smanjeni, no nisu nestali. Održavanje, servisiranje i ispitivanje sustava zaštite od požara treba se nastaviti prema stupnju konzervacije pojedinih postrojenja te u skladu sa zakonskim i podzakonskim propisima važećima na području Republike Hrvatske.

## 8. LITERATURA

- [1] Carević, M., Jukić, P., Kaštelanac, Z., Sertić, Z. : Priručnik za zaštitu od požara, Grafo-Amadeus d.o.o., Zagreb, 1997.
- [2] Požgaj B.: Ukapljeni naftni plin, Diplomski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2009.
- [3] Šmejkal Z.: Uređaji, oprema i sredstva za gašenje i zaštitu od požara, Savez kemičara i tehnologa Hrvatska: Kemija u industriji, Zagreb, 1991.
- [4] Grupa autora: Procjena ugroženosti od požara i tehnološke eksplozije za Doradu i manipulaciju II, Rafinerija nafte Sisak, Sisak, 2013.
- [5] Vanjski plan zaštite i spašavanja u slučaju nesreće koja uključuje opasne tvari, Sisačko-moslavačka županija, pogon tvrtki JANAF d.d., Terminal Sisak, INA d.d., Rafinerija nafte Sisak, HEP proizvodnja d.o.o., Termoelektrana Sisak, DLS d.o.o., Rijeka, 2016.
- [6] Gulan, I. : Protupožarna tehnološka preventiva, Nading, Zagreb, 1997.
- [7] Popović, Ž., Smrekar, B. : Priručnik za osposobljavanje vatrogasnih dočasnika i časnika, Hrvatska vatrogasna zajednica, Zagreb, 2006.
- [8] Izvješće o sigurnosti Rafinerije nafte Sisak-Verzija nakon ocjene Ministarstva zaštite okoliša i prirode, Sinaco d.o.o., Rješenje Ministarstva zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, 2012.
- [9] Zhou Y., Zhao X., Zhao J., Chen D.: Research on Fire and Explosion Accidents of Oil Depots, Chemical Engineering Transactions, Vol. 51, 2016., str. 163 – 168.
- [10] Rafinerija nafte Sisak, dostupno na: <https://www.rns.hr/> (pristupljeno 05.12.2021.)
- [11] Požar na spremniku goriva, dostupno na: <https://www.spremnicigoriva.hr/> (pristupljeno 09.12.2021.)

## 9. PRILOZI

### 9.1. Popis slika

Slika 1. Označavanje spremnika nafte i naftnih derivata .....	11
Slika 2. Presjek spremnika nafte i naftnih derivata u Rafineriji nafte Sisak .....	12
Slika 3. Označavanje postolja goriva.....	13
Slika 4. Raspored spremnika nafte i naftnih derivata na području Rafinerije nafte Sisak .....	14
Slika 5. Postrojenje „Bunar Kupa II“ .....	39
Slika 6. Retencijski bazen .....	40
Slika 7. Unutrašnjost pumpaonice s pumpama .....	43
Slika 8. Razgranati sustav cjevovoda.....	45
Slika 9. Prstenasti sustav cjevovoda .....	45
Slika 10. Shematski prikaz rada tlačnog dozatora pjene .....	50
Slika 11. Polustabilni sustav za gašenje požara pjenom .....	51
Slika 12. Glavni ventil za ručno otvaranje tzv. Drencher sustava .....	53
Slika 13. Drencher sustav mlaznica .....	55
Slika 14. Stabilni bacači voda/pjena na MM2 .....	58
Slika 15. Stabilni bačaci vode na SRU .....	59
Slika 16. Stabilni bacači voda/pjena na KP-5 .....	61
Slika 17. Mobilni bacač voda/pjena tipa "Juring" na KP-6 .....	63
Slika 18. Mobilni bacač voda/pjena na KP-7 .....	64
Slika 19. Nadzemni hidrant tipa RNS .....	66
Slika 20. Nadzemni hidrant tipa «Silvani» .....	67
Slika 22. Navalno vozilo Rafinerije nafte Sisak u akciji gašenja požara na spremniku R-802 .....	68
Slika 23. Spremnik R-802 nakon završene akcije gašenja požara .....	69

## 9.2. \_Popis tablica

Tablica 1. Procjena vjerojatnosti za nastanak velikih nesreća u Rafineriji nafte Sisak	19
Tablica 2. Karakteristike pet pumpi na postrojenju „Bunar Kupa II“	38
Tablica 3. Karakteristike pumpi u Vatrogasnoj pumpaonici KP-6	42
Tablica 4. Karakteristike osnovnih dijelova polustabilnog sustava za gašenje požara	52
Tablica 5. Karakteristike osnovnih dijelova drencher sustava za gašenje požara	54
Tablica 6. Tehničke karakteristike stabilnih bacača na željezničkom punilištu	59
Tablica 7. Tehničke karakteristike bacača vode na SRU	60
Tablica 8. Tehničke karakteristike bacača voda/pjena na KP-5	61
Tablica 9. Tehničke karakteristike bacača voda/pjena u Luci Crnac	62
Tablica 10. Tehničke karakteristike bacača voda/pjena na postrojenju KP-6	63
Tablica 11. Mobilni prijevozni bacači oko postrojenja KP-7	64
Tablica 12. Promjer i dužina cjevovoda hidrantske mreže Rafinerije nafte Sisak	65