

# ANALIZA SPECIJALNOG VOZILA S TOP-MONITOROM NA HIDRAULIČKOJ RUCI ZA AUTOMATSKO GAŠENJE POŽARA ODOZGO U RAFINERIJ I NAFTE SISAK

---

Mateža, Vedran

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2021

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:128:101342>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-01**



**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

# ANALIZA SPECIJALNOG VOZILA S TOP-MONITOROM NA HIDRAULIČKOJ RUCI ZA AUTOMATSKO GAŠENJE POŽARA ODOZGO U RAFINERIJ I NAFTE SISAK

---

**Mateža, Vedran**

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

**2021**

*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:128:101342>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2023-02-14**



**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

Vedran Mateža

**ANALIZA SPECIJALNOG VOZILA S  
TOP-MONITOROM NA HIDRAULIČKOJ RUCI  
ZA AUTOMATSKO GAŠENJE POŽARA  
ODOZGO U RAFINERIJI NAFTE SISAK**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2021.



Karlovac University of Applied Sciences

Odjel Sigurnosti i zaštite

Professional graduate study of Safety and Protection

Vedran Mateža

**ANALYSIS OF A SPECIAL VEHICLE WITH A  
TOP MONITOR ON THE HYDRAULIC ARM FOR  
AUTOMATIC FIRE EXTINGUISHING FROM  
ABOVE IN THE SISAK OIL REFINERY**

Final paper

Karlovac, 2021.

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite

Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti i zaštite

Vedran Mateža

**ANALIZA SPECIJALNOG VOZILA S  
TOP-MONITOROM NA HIDRAULIČKOJ RUCI  
ZA AUTOMATSKO GAŠENJE POŽARA  
ODOZGO U RAFINERIJU NAFTE SISAK**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: Marijan Brozović dipl.ing., v.pred.

Karlovac, 2021.

# PREDGOVOR

Od srca se zahvaljujem svojoj obitelji na strpljenju, potpori i razumijevanju u periodu izrade završnog rada i općenito na potpori tijekom studiranja. Također se zahvaljujem Marijanu Brozović dipl.ing. na brojnim stručnim savjetima, strpljenju i potpori tijekom izrade ovog rada. Dodatno se zahvaljujem „INA vaatrogasni servisi“ zbog omogućenog pristupa potrebnoj dokumentaciji za izradu ovog završnog rada. Konačno, zahvaljujem se kolegama sa Veleučilišta koji su mi pružali moralnu potporu, ne samo tijekom izrade završnog rada, nego i tijekom studiranja.

## SAŽETAK

Ovaj rad će se bazirati na specijalno vatrogasno vozilo koje se operativno koristi u profesionalnoj vatrogasnoj postrojbi INA – Rafinerija nafte Sisak. Odabir ovog vozila izvršen je s obzirom na njegove tehničke i operativne mogućnosti kod gašenja požara odozgo na visokim objektima

Zamisao ovog završnog rada je detaljno obraditi specijalno vatrogasno vozilo s top-monitorom na hidrauličnoj ruci MB 3350 / 45 / x+6x4 / ACTROS i njegove prednosti kod gašenja požara na visokim objektima u odnosu na druga vozila i opremu.

Ključne riječi: RNS, vatrogastvo, gašenje požara odozgo, MB 3350, Actros

## ABSTRACT

This work will be based on a special fire truck that is used operationally in the professional fire brigade INA - Sisak Oil Refinery. The choice of this vehicle was made considering its technical and operational capabilities when extinguishing fires from above on high buildings

The idea of this final work is to process in detail a special fire truck with a top monitor on the hydraulic arm MB 3350/45 / 6 X 4 / ACTROS and its advantages in extinguishing fires on high buildings compared to other vehicles and equipment.  
Keywords: RNS, firefighting, extinguishing fire from above, MB 3350, Actros

# SADRŽAJ

PREDGOVOR .....	
SAŽETAK .....	
ABSTRACT .....	
1. PROJEKT DIPLOMSKOG RADA .....	1
1.1 Uvod u predmetno područje.....	1
1.2 IZBOR PROBLEMA .....	2
1.3 CILJ I ZADACI DIPLOMSKOG RADA .....	3
1.4 METODE KORIŠTENE ZA IZRADU DIPLOMSKOG RADA.....	3
2. PRIKAZ REZULTATA RADA.....	4
2.1. Podatci o objektima za koje se provodi zaštita od požara .....	4
2.1.1. Procesna postrojenja.....	4
2.1.2. Skladišni prostor .....	5
2.1.3. Pretakalište auto i željezničkih cisterni .....	7
2.2. ANALIZA GAŠENJA POŽARA ODOZGO.....	7
2.2.1. Sustavi za slijevanje pjene odozgo.....	7
2.2.2. Spremnici s fiksnim krovom.....	9
2.2.3. Spremnici s plivajućim krovom .....	10
2.2.4. SPECIJALNO VATROGASNO VOZILO S TOP MONITOROM NA HIDRAULIČNOJ RUCI ZA GAŠENJE POŽARA ODOZGO (MB 3350/45/6 x 4 ACTROS) .....	12
2.2.5. Hidraulična zglobna platforma SS 300 .....	14
2.2.6. Fiksni top monitor .....	17
2.2.7. Mobilni top-monitor .....	18
2.2.8. Ručna mlaznica za pjenu .....	20
2.3. KARAKTERISTIKE VATROGASNOG VOZILA MB 3350 / 45 / 6 X 4 ACTROS 22	
2.3.1. Vozni postroj.....	22
2.3.2. Nadogradnja vozila.....	24
2.4. UGRAĐENA OPREMA NA VOZILU MB 3350/46/6 X 4 ACTROS.....	25
2.4.1. Pumpa .....	25
2.4.1.1. Sustav konstantnog tlaka .....	27
2.4.1.2. Sustav miješanja normalnog tlaka .....	27
2.4.1.2. Kontrolna ploča pumpe .....	28
2.4.1.3. Vitlo za brzu navalu - NP .....	29



2.4.2.	Spremnik za vodu i pjenu .....	30
2.4.3.	Top-monitor za vodu i pjenu na krovu vozila .....	30
2.4.4	Top-monitor za vodu i pjenu na hidrauličkoj ruci .....	30
2.4.5.	Hidraulična ruka (platforma) .....	31
2.4.6.	Dimenzije vozila i dopuštena opterećenja .....	32
2.5.	USPOREDBA POSTOJEĆIH NAČINA GAŠENJA PJENOM SA GAŠENJEM POMOĆU VOZILA MB 3350 ACTROS.....	32
2.6.	UTVRĐIVANE OPRAVDANOSTI GAŠENJA POŽARA SA VOZILOM MB 335074576 X 4/ACTROS .....	36
3.	ZAKLJUČAK.....	39
4.	Literatura .....	40

# 1. PROJEKT DIPLOMSKOG RADA

## 1.1 Uvod u predmetno područje

Rafinerija nafte Sisak ( u daljnjem tekstu INA RNS ) je pravilnikom o razvrstavanju građevina, građevinskih dijelova i prostora u kategorije ugroženosti od požara (N.N. 62/94), razvrstana u laku kategoriju ugroženosti od požara. Velike opasnosti koje proizlaze iz procesa prerade nafte i naftnih derivata, te pravilima postojeće 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 požara.

Isto tako je obaveza poslodavca stalno ulagati u zaštitu na svim područjima rada. Jedna od velikih stavki u održavanju nivoa sigurnosti i zaštite je i opremljenost vatrogasne postrojbe te stalna ulaganja u istu. Samo modernom i ispravnom opremom može se sigurno i kvalitetno djelovati u akcidentnim situacijama. Dio te opreme su i vatrogasna vozila koja su temelj svake intervencije i ona su osnovno oruđe vatrogasaca.

Ozbiljno uzevši u obzir opasnosti te zakonsku regulativu poslodavac je (u ovom slučaju INA Rafinerija nafte Sisak) od samih početaka uzeo sve parametre u obzir, tako da sada u INA RNS egzistira vrlo dobro opremljena profesionalna vatrogasna postrojba koja već niz godina ispunjava sve zadatke koji se pred nju postavljaju. Zaštita od požara visokih objekata, dijelova tehnoloških postrojenja i spremnika naftnih derivata zahtjeva korištenje vatrogasnih vozila koja imaju mogućnost gašenja odozgo.

Sve gore navedeno je u cilju što kvalitetnije zaštite od požara te sigurnosti općenito. Nadalje, ovaj rad se bazira na praktičnoj uporabi vozila s top — monitorom na hidrauličkoj ruci za automatsko gašenje požara odozgo u INA RNS koje se uspješno upotrebljava i koristi od 2006. godine.

## 1.2 Izbor problema

Vatrogasna vozila su sredstva rada vatrogasaca vatrogasnih postrojb. O njihovoj ispravnosti i prilagođenosti specifičnim uvjetima ovisi kvaliteta izvođenja radova. Razne opasnosti koje proizlaze iz tehnološkog procesa uvjetovale su kod nabavke vozila i opreme, ispunjenje posebnih zahtjeva glede istog.

INA Rafinerija nafte Sisak za osnovnu djelatnost ima preradu nafte i naftnih derivata te manipulaciju istih. Široka paleta poslova te opasnosti koje proizlaze iz toga, specifični su za ovu granu industrije. Sve većim približavanjem članstvu u Europsku Uniju postavljaju se uvjeti koji se moraju ispuniti da bi se ostvarilo članstvo.

Danas u INA RNS radi oko 250 radnika koji su zbog tehnološkog procesa stalno izloženi opasnostima od požara i eksplozije. Svi napori radnika, kako za to zaduženih službi te poslodavca, usmjereni su na to da do požara ne dođe. Međutim, zbog široke palete raznih razloga i problema, taj se cilj u potpunosti ne može ostvariti.

Razne vrste akcidentnih situacija kao što su npr. :

- izbijanja raznih vrsta zapaljivih medija
- izlivanje
- propuštanja
- ljudskih faktora nepažnje (nepropisno izvođenje radova)
- radovi sa vatrom
- žar cigarete
- statički elektricitet

dovode do nastanka požara i tehnoloških eksplozija.

Zbog nepredvidivosti takvih događanja, veliki se napori ulažu u održavanje opreme u ispravnom stanju, te osposobljavanje radnika za rad na siguran način kroz razne vrste tečajeva.

### 1.3 Cilj i zadaci diplomskog rada

Osnovni cilj ovog diplomskog rada je prikazati način gašenja požara na visokim objektima i spremnicima naftnih derivata u Rafineriji nafte Sisak, opravdanost pojedinih vrsta opreme, te razloge za opremanje vozila specifičnom opremom potrebnom za provođenje intervencije.

Zadaci koji proizlaze iz ovog cilja su:

- Prikupiti podatke o postojećem stanju (opis i karakteristike objekata koji se štite, te oprema i vozila koja se koristi pri šticeanju)
- Opisati načine gašenja požara odozgo, uključujući njihove dobre i loše karakteristike
- Analiza gašenja požara pomoću top monitora na hidrauličkoj ruci, uz usporedbu sa postojećim rješenjima
- Utvrđivanje opravdanosti nabavke novog vozila

### 1.4 Metode korištene za izradu diplomskog rada

Kod izrade diplomskog rada korištene su metode analize uporabe specijalnog vatrogasnog vozila MB 3350 /45 / 6 x 4 / ACTROS , te deskriptivna metoda kroz postojeću dokumentaciju i podatke skupljene praktičnom uporabom.

## 2. PRIKAZ REZULTATA RADA

### 2.1. Podaci o objektima za koje se provodi zaštita od požara

INA Industrija nafte d.d. Zagreb, a u njejoj organizacijskoj strukturi Rafinerija nafte Sisak prema vrsti djelatnosti spadaju u kemijsku industriju. Područje rada je prerada nafte i naftnih derivata te manipulacija i skladištenje istih. Preradbena postrojenja, objekti (prateći) i skladišni prostor smjestili su se na površini od 180 ha. Ukupan broj radnika u INA RNS je oko 250. Vrste objekata u Rafineriji nafte Sisak koji se štite sustavima za zaštitu od požara :

#### 2.1.1. Procesna postrojenja

- kolone
- posude
- pumpe
- izmjenjivači topline
- hladnjaci
- peći
- reaktori
- tehnološka kanalizacija

Procesna oprema na postrojenjima (kolone, posude, pumpe, izmjenjivači topline hladnjaci) štite se stabilnim sustavima za raspršenu vodu (drencher sustav). Drencher sustav sastoji se od:

- dobave vode u sustav vrši se iz rafinerijske hidrantske mreže
- podzemnih i nadzemnih cjevovoda za dopremu vode do šticeđenih objekata
- cijevnih prstenova okolo šticeđenih objekata
- sa određenim brojem mlaznica (sapnica) za raspršenu vodu.

Rukovanje sustavom je ručno. Otvaranjem ventila voda se upušta u sustav do šticećenih objekata. Za navedene objekte koji se štite drencher sustavom osigurane su odgovarajuće količine vode od 10 l / min / m<sup>2</sup> što je usklađeno s Pravilnikom o zapaljivim tekućinama ( N. N. br. 54/99 ).

Procesne peći, reaktori i tehnološka kanalizacija štite se od požara stabilnim sustavima za gašenje vodenom parom.

Stabilni sustav vodene pare sastoji se od:

- ventila za ručno aktiviranje
- cjevovoda za dovod pare do šticećenih objekata, razvodnih parnih cjevovoda unutar šticećenih objekata
- mlaznica za paru koje su ravnomjerno raspoređene i kojima se pokriva šticećeni prostor

Dobava vodene pare vrši se iz magistralnog srednje tlačnog parovoda iz Energane Rafinerije.

Karakteristika pare za gašenje stabilnim sustavom je tlak od 12 do 14 bara, temperatura do 250 ° C (suha para <sup>1</sup>).

#### 2.1.2. Skladišni prostor

- skladišni spremnici nadzemni koji su izgrađeni sa fiksnim i plivajućim krovom
- plinski nadzemni spremnici (plinske kugle)

Nadzemni spremnici sa fiksnim i plivajućim krovom zaštićeni su stabilnim sustavima za raspršenu vodu (drencher) i polustabilnim sustavima za gašenje pjenom.

Plinski nadzemni spremnici zaštićeni su stabilnim sustavima za raspršenu vodu (drencher).

Polustabilni sustav za gašenje pjenom sastoji se od:

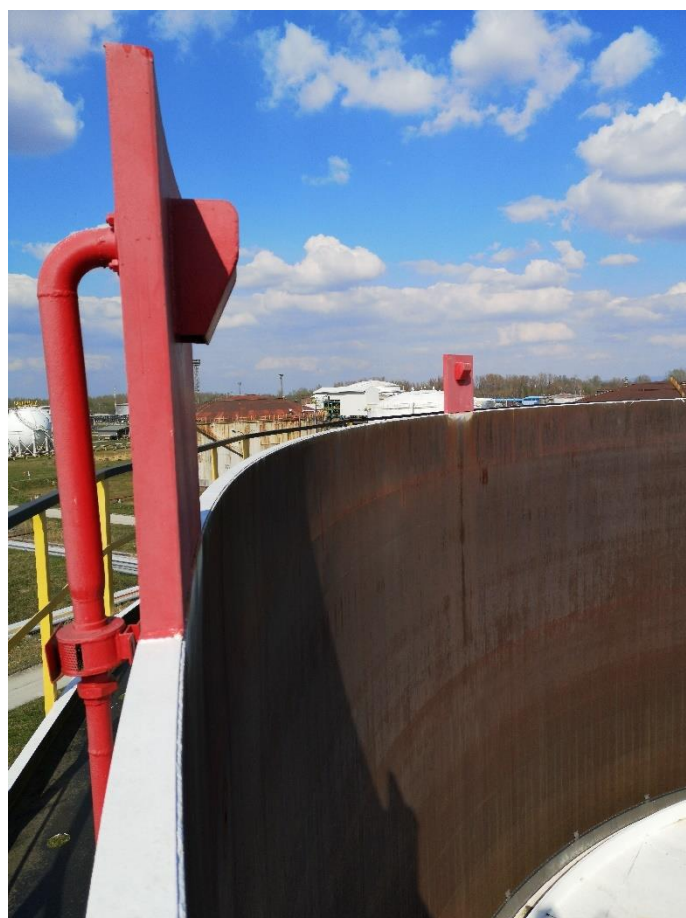
- priključka za spajanje vatrogasnog vozila
- nadzemnog i podzemnog cjevovoda za dopremu otopine ( voda + pjeno ) do šticećenog spremnika
- određenog broja mlaznica za pjenu na spremniku

---

<sup>1</sup> Suha para – tehnološki obrađena vodena para s malim postotkom vlage



Slika 1. Polustabilni sustav za gašenje pjenom (polustabilni priključak) [1]



Slika 2. Zračne komore na rezervaru [2]

### 2.1.3. Pretakalište auto i željezničkih cisterni

Pretakališta su zaštićena sa stabilnim sustavima za raspršenu vodu (drencher).

## 2.2. Analiza gašenja požara odozgo

Gašenje požara odozgo dolazi u obzir samo kod požara na visini gdje je potrebno pomoću određene opreme sredstvo za gašenje ubaciti na goruću površinu s više pozicije u odnosu na površinu koja gori.

Ovakav postupak najviše se primjenjuje kod gašenja nadzemnih skladišnih spremnika za zapaljive tekućine.

Za gašenje ovakvih požara kod nadzemnih spremnika mogu biti korišteni:

- fiksni sustavi (polustabilni i stabilni sustavi za pjenu)
- mobilna oprema (ručne mlaznice i topovi s pjenom)

U ovoj obradi analizira se fiksni polustabilni sustav za gašenje pjenom koji se koristi u Rafineriji nafte Sisak.

Svi nadzemni skladišni spremnici u Rafineriji nafte Sisak koji su u promjeru veći od 10 m, a uskladištavaju tekućine 1. i 2. skupine upaljivosti zaštićeni su fiksnim polustabilnim sustavima za pjenu.

Otopina pjenila i vode tlači se pumpom priključnog vatrogasnog vozila kroz fiksne cjevovode do mlaznice za pjenu ( komore ) koja je ugrađena u gornjoj zoni plašta spremnika.

### 2.2.1. Sustavi za slijevanje pjene odozgo

Sustav za slijevanje pjene odozgo koristi pjenu koja se nabacuje na stjenku spremnika, što pomaže disperziji i smanjivanju brzine primjene pjene.

Pjena se odbija od plašta spremnika, što pomaže njezinom širenju po gorućoj površini tekućine. Kod sistema za slijevanje odozgo, teška pjena nanosi se na zapaljivu tekućinu odozgo, tako da se slijeva na njezinu površinu. Sustavi su pogodni za uporabu na spremnicima s fiksnim krovom ili na spremnicima s plivajućim krovom, a projektiraju se na bazi činjenice da opasna površina zapravo obuhvaća ukupno ogledalo tekućine,



tj. kontaktnu površinu tekućine sa zrakom. U dijelove sustava treba ubrojiti pogodan uređaj za indukciju pjenila, generator pjene, slijevač pjene te mehanizam za brtvljenje prolaza para, koji sprečava da zapaljive pare prolaze kroz cjevovod pjene u atmosferu, gdje bi mogle izazvati požar ili eksploziju.

Moderni komplet mlaznica (komora) za slijevanje odozgo osigurava generiranje pjene, brtvljenje para i slijevanje pjene u jednoj integralnoj vremenskoj jedinici koja traži malo održavanje, a koja se može umjeriti tako da pri zadanom tlaku osigura točno traženi protok.

Sustav ima mogućnost da osigura najekonomičniju uporabu pjenila, vode i mogućnosti pumpanja pumpama kojima raspolaže na licu mjesta. Sustavi za slijevanje pjene odozgo pogodni su i za zaštitu zapaljivih tekućina koje se miješaju s vodom, polarnih otapala ili alkohola, kada se koristi s pogodnim pjenilom koje je otporno na alkohole. Izvedba deflektorske ploče treba omogućiti da se gotova pjena širi horizontalno po stjenki spremnika, čime se smanjuje brzina primjene pjene i osigurava brže širenje pjene po površini tekućine.

Prednosti sustava su:

- projektna gustoća primjene može se postići sa 100 %
- budući da sva pjena stiže na površinu tekućine
- jednostavni su za uporabu
- mogu se testirati na licu mjesta

Nedostaci sustava su:

- svi spremnici s fiksnim krovom izvedeni su tako da imaju oslabljen spoj krova i plašta, pa u slučaju unutarnje eksplozije krov treba odletjeti u zrak radije nego da raskine stijenke spremnika. U takvim okolnostima oprema za slijevanje pjene odozgo izložena je mogućim oštećenjima.

## 2.2.2. Spremnici s fiksnim krovom

Kod zaštite zapaljive tekućine pohranjene u vertikalnom atmosferskom spremniku izlazi za ispuštanje pjene moraju biti pričvršćeni za sam spremnik. Tamo gdje su potrebna dva ili više izlaza za ispuštanje, ti se izlazi moraju jednoliko međusobno razmaknuti po periferiji spremnika i svi moraju biti tako dimenzionirani, da pjenu ispuštaju s približno jednakom protočnom količinom. Fiksni izlazi za ispuštanje moraju biti sigurno pričvršćeni pri vrhu plašta i tako locirani ili spojeni, da se isključi mogućnost da se sadržaj spremnika prelije u linije pjene. Izlazi moraju biti tako sigurno pričvršćeni, da niti kod odvajanja krova ne bude vjerojatno da će izloženi ozbiljnom oštećenju.



Slika 3. Rezervoar s ravnim krovom i mobilni bacač vode / pjene [3]

Spremnici moraju biti snabdjeveni određenim izlazima za ispuštanje, kako je to dolje navedeno:

Tablica 1. Broj izlaza ovisno o promjeru spremnika [1]

Promjer spremnika ( m )	Minimalni broj izlaza za ispuštanje
do 24	1
24 – 36	2
36 – 42	3
42 – 48	4
48 – 54	5
54 - 58	6

### 2.2.3. Spremnici s plivajućim krovom

Spremnici s plivajućim krovom su spremnici bez fiksnog krova, koji imaju plivajući krov pontonskog tipa ili krov s dvostrukim dnom. Obodna brtva može biti brtva s mehaničkom papučom ili cijevna brtva. Cijevna brtva može biti opremljena metalnim štitom protiv atmosferilija. Osim toga mogu se postaviti i sekundarne brtve od gorivih ili negorivih materijala. Za primjenu pjene iz fiksnih izlaza koriste se dvije izvedbe. Kod jedne od metoda pjena se ispušta iznad brtve s mehaničkom papučom, metalnog štita protiv atmosferilija, odnosno iznad sekundarne brtve. Kod druge metode pjena se ispušta ispod brtve s mehaničkom papučom direktno na zapaljivu tekućinu, iza metalnog štita protiv atmosferilija direktno na omotač cijevne brtve ili ispod sekundarne brtve direktno na primarnu brtvu.

Sustav za gašenje pjennom može biti fiksni ili polufiksni. Aktiviranje fiksnog sustava vrši se ručno ili automatski. Kod projektiranja ispuštanja pjene iznad brtve s mehaničkom papučom, iznad štita protiv atmosferilija ili iznad sekundarne brtve potrebno je:

- postaviti branu za pjenu
- prema opsegu spremnika odrediti broj točaka za ispuštanje pjene (maksimalni razmak između dvije točke ispuštanja mjereno po obodu spremnika treba biti 12,2 m)
- postaviti zaslon protiv prskanja pjene kada je uređaj za ispuštanje smješten iznad vrha plašta
- minimalna brzina primjene otopine treba biti 12,2 l/min/m<sup>2</sup>



Slika 4. Plivajući krov spremnika s pristupnom ogradom [4]



2.2.4. Specijalno vatrogasno vozilo s top monitorom na hidrauličnoj ruci za gašenje požara odozgo (MB 3350/45/6 x 4 ACTROS)

Ovo specijalno vatrogasno vozilo je razvijeno u firmi Rosenbauer, kao plod svjetskih trendova i višegodišnjeg iskustva u projektiranju, izradbi i uporabi sličnih vozila diljem svijeta. Vozilo je specifično zbog mogućnosti gašenja požara odozgo na spremnicima lakozapaljivih tekućina i na ostalim dijelovima postrojenja u Rafineriji nafte Sisak.



Slika 5. MB 3350/45/6x4 ACTROS Specijalno vatrogasno vozilo br.16 [5]

Ovo je drugo vozilo proizvedeno u firmi Rosenbauer na kojem su ugrađene 4 pumpe „Deltamatic“. Dvije pumpe se koriste kod gašenja požara preko hidranata, dok se druge dvije koriste pri gašenju požara preko centrifugalne pumpe ugrađene na vozilu. Preko centrifugalne pumpe se vrši gašenje sa top — monitorom na hidrauličnoj ruci ili sa top — monitorom na krovu vozila i sa bočnim mlazovima (sa svake strane vozila su dva mlaza). Ova dva sustava „Deltamatic“ su neovisna jedan o drugom. Da

bi sustavi uspješno funkcionirali potreban je minimalan tlak vode od 4 bara. Povećanjem tlaka vode povećava se i kvaliteta pjene.

Kod gašenja požara s pjenom preko top — monitora na hidrauličnoj ruci postoji mogućnost hlađenja sa vodom preko bočnih mlazova (maksimalno 2 mlaza) i obrnuto, kod hlađenja sa top — monitorom postoji mogućnost gašenja sa pjenom preko bočnih mlazova (maksimalno 2 mlaza).

Kada se koristi top — monitor na krovu vozila maksimalno se može koristiti jedan mlaz vode ili jedan mlaz pjene, zbog kapaciteta pumpe.

Dolaskom na mjesto intervencije u kabini vozila se uključuje pumpa za hidrauliku i centrifugalna pumpa, ako se radi sa top monitorom na krovu vozila i vrši samozaštita, a ako se radi sa top — monitorom na hidrauličnoj ruci i bočnim mlazovima centrifugalna pumpa se uključuje na kontrolnoj ploči pumpe. Vozilo se zatim stabilizira sa 4 stabilizatora (ako podloga nije odgovarajuća ispod stabilizatora se postavljaju ploče za podupiranje izrađene od tvrdog drveta, dimenzija 550 x 550 mm). Dobava vode u vozilo vrši se iz hidranta sa dvije „B” tlačne cijevi.

Daljinskim upravljanjem podiže se hidraulična ruka na željenu visinu i vrši se gašenje pomoću top monitora sa vodom ili pjenom. Daljinskim upravljanjem vrši se podešavanje top monitora po vertikali i horizontali. Upravljanje topom na krovu vozila vrši se iz kabine ili daljinskim upravljanjem.



Slika 6. Podignuta hidraulična ruka s monitor bacačem [6]

Nakon završetka intervencije vrši se dreniranje i ispiranje sustava od pjene. Pravilnim postupcima održavanja, adekvatnim i pravilnim korištenjem prema uputama proizvođača, zagarantiran je pouzdan i dug vijek trajanja ovog vozila.

#### 2.2.5. Hidraulična zglobna platforma SS 300

Zbog tehničkih i operativnih karakteristika hidraulične zglobne platforme kojom raspolaže vatrogasna postrojba u Rafineriji nafte Sisak moguće je uspješno gasiti požare na nadzemnim spremnicima zapaljivih tekućina.

Karakteristike hidraulične zglobne platforme su:

- fiksni monitor kapaciteta 4 500 l/min platforme visine 28 m
- kapacitet centrifugalne pumpe 6 000 l/min kod 10 bara
- kapacitet spremnika za pjenilo 2 x 1 000 l
- dobava vode osigurava se iz rafinerijske hidrantske mreže pomoću dvije tlačne cijevi promjera 110 mm,
- upravljanje krakovima hidraulične platforme osigurano upravljačkog pulta na okretnici platforme
- domet mlaza pjene iz fiksnog monitora iznosi 75 m.

Način gašenja požara pomoću hidraulične platforme omogućuje ubacivanje velike količine pjene sa pozicije više od gorućeg spremnika. Na taj način osigurava se ubačajna putanja i precizno pogađanje najpovoljnije točke u spremniku odakle će se pjena širiti na ostalu površinu.

Premještanje odnosno preusmjeravanje mlaza pjene monitora po horizontali i vertikali je moguć bez prekidanja rada mlaza. U praktičnim iskustvima pri gašenju požara hidrauličnom platformom na spremnicima zapaljivih tekućina postignuti su zadovoljavajući rezultati. Uzdignutim monitorom na visinu koja premašuje visinu nadzemnog spremnika (najviše 18 m) mlazom pjene pogađa se unutarnja strana plašta (kod plivajućeg krova), po kojoj pjena kliže do štíćene površine uz manje gubitke i razlijeva se po kružnom prstenu plivajućeg krova.

Kod gašenja požara na spremniku s fiksnim krovom, mlazom pjene uspješno se pogađa otvor na krovu koji nastaje uslijed oštećenja eksplozije ili zbog drugih razloga.

Na ovaj način velika masa mlaza pjene dijelom zatvara otvor na krovu čime se smanjuje intenzitet požara. Kontinuiranim radom na ovaj način postiže se stvaranje sloja pjene u spremniku koji počinje smanjivati intenzitet požara (10-15 min.), a daljnjim neprekinutim radom požar se uspješno ugasi.

Ovi podaci i rezultati su postignuti pri gašenju ratnih požara na spremnicima sa fiksnim i plivajućim krovom u Rafineriji nafte Sisak tijekom domovinskog rata. Pokazalo se u praksi, da u slučaju otkazivanja fiksnog sustava za gašenje pjenom na nadzemnim



spremnici, najučinkovitiji način gašenja je pomoću fiksnih monitora na poziciji koja je viša od nivoa spremnika i koja omogućuje ubacivanje mlaza pjene velikog protoka (> 4 000 l/min.) u spremnik koji gori.

Ovo je grublji način nanošenja pjene na goruću površinu u odnosu na fiksne sustave. Ovim načinom uspješno se gase požari uz nešto veći utrošak pjenila i vremena potrebnog za gašenje.

Nedostaci hidraulične zglobne platforme su:

- nedostatak vlastitog spremnika za vodu
- za rafinerijske uvjete gašenja požara spremnik za pjenilo na vozilu je relativno malen (2 x 1 000 l)
- ne može se koristiti u lošim vremenskim uvjetima (vjetar) s obzirom na visinu od 28 m



Slika 7. Hidraulična zglobna platforma (SS – 300) [7]

### 2.2.6. Fiksni top monitor

To je uređaj kojim se velika količina pjene u obliku punog mlaza izbacuje na štíćenu površinu. Fiksni monitor se instalira na određenom mjestu odakle se mlazom pjene može prekriti površina koja se štiti od požara.

Fiksni monitor se uglavnom postavlja na povišene podeste platforme čija visina od tla može biti najčešće do 10 m. Otopina pjenila i vode u fiksni monitor može biti dovedena pomoću fiksnog cjevovoda iz stacionarnih izvora i spremnika, ili pomoću vatrogasnih vozila koja se tlačnim cijevima izravno povezuju sa priključcima fiksnog monitora.



Slika 8. Fiksni top monitor [8]

Aktiviranje i upravljanje fiksnim monitorom provodi se ručno ili pomoću daljinskog upravljačkog pulta. Konceptija gašenja požara pomoću fiksnog monitora uspostavlja se na zaštitu otvorenih prostora kao što su zaštitni bazeni (tankvane) okolo skladišnih spremnika zapaljivih tekućina, te na pretakalištima za zapaljive tekućine. Veliki kapacitet protoka otopine pjenila i vode od kojih se na izlazu iz fiksnog monitora stvori veliki mlaz pjene koji osigurava veliki domet i brzo prekrivanje štíčene površine odgovarajućim sloj pjene.

U pravilu uvijek se projektiranjem predvidi nekoliko ravnomjerno raspoređenih fiksnih monitora okolo štíčene površine koji se mlazovima međusobno prekrivaju i čija ukupna količina omogućava uspješnu zaštitu od požara.

U rafinerijskoj praksi najčešće se koriste fiksni monitori kapaciteta, odnosno protoka od 1 600, 2 000, 2 400, 3 000, 3 500, 4 000 i 4 500 l/min. otopine. Radni tlakovi koji su predviđeni i osiguravaju pravilan rad fiksnih monitora mogu biti od 8 bara (0,8 MPa) minimalno do 16 bara (1,6 MPa) maksimalno. Domet mlaza pjene fiksnog monitora kreće se od 45 do 75 m ovisno o kapacitetu, radnom tlaku, izvedbi i obradi unutarnje stijenke cijevi monitora, te vanjskom utjecaju vjetra. Tako stvoren mlaz pjene pomoću fiksnog monitora usmjeri se u jedno područje štíčenog prostora, odakle se izbačena pjena postupno razlijeva i ravnomjerno prekriva štíčenu površinu.

#### 2.2.7. Mobilni top-monitor

Za razliku od fiksnog monitora mobilni monitor se uspješno koristi u uvjetima kada zbog ne postojanja ili oštećenosti fiksnih instalacija je nužno zaštititi određene prostore (tankvane) ili skladišne spremnike zapaljivih tekućina. Mobilni monitor se kod planiranja zaštitnih sustava uglavnom predviđa kao pričuvni način gašenja upravo zbog eventualne neispravnosti fiksnih sustava.

U rjeđim slučajevima mobilni monitor može biti planiran i kao glavni sustav za gašenje požara zapaljivih tekućina na određenom prostoru rafinerijskih postrojenja.

Kada se mobilni monitor planira kao pričuva, onda je njegova stalna lokacija smještaja u okviru vatrogasnog interventnog skladišta<sup>2</sup>. Kod planiranja mobilnog monitora kao glavnog sustava za gašenje pjenom, monitor se planski postavlja na teren oko štice prostora, i uz monitor se postavljaju bačve s pjenilom, tlačne cijevi za priključenje na hidrantsku mrežu ili vatrogasna vozila. Karakteristike mobilnog monitora (kapacitet protoka, radni tlak i domet mlaza) u pravilu su približne kao i kod fiksnog monitora. Rukovanje mobilnim monitorom uglavnom je ručno i njegov rad može nadzirati jedan vatrogasac.



Slika 9. Vatrogasni prijenosni monitor [9]

U dobro uvježbanim vatrogasnim postrojbama u uvjetima požara jedan vatrogasac može uspješno nadzirati i prema potrebi korigirati rad više mobilnih monitora. Korekcija se odnosi na povremeno usmjeravanje mlaza pjene prema određenim točkama. Pogodnost mobilnog monitora je da se u određenom slučaju može prebaciti po potrebi na povoljniji položaj sa kojeg se uspješno može štititi određena površina. Isto tako više mobilnih monitora koji se uključe u rad s najpovoljnije pozicije osiguravaju veliki učinak gašenja na određenoj poziciji koja je u tom trenutku najugroženija. Ovakvi načini rada s mobilnim monitorima su poželjni i preporučljivi u uvjetima razvijenog požara kada se zbog konfiguracije terena, pristupa i utjecaja vjetra moraju odrediti nove najbolje točke za smještaj mobilnih jedinica u cilju postizanja boljeg učinka gašenja.

---

<sup>2</sup> Po nastanku požara i utvrđene potrebe za korištenje, iz vatrogasnog skladišta se doprema mobilni monitor i postavlja na odgovarajuću poziciju za gašenje požara

Za gašenje razvijenih požara na nadzemnim spremnicima zapaljivih tekućina bilo s fiksnim, bilo s plivajućim krovom, mobilni monitori u praksi se veoma rijetko koriste. Takav način gašenja može doći u obzir samo u uvjetima kada su projektirani postojeći sustavi zakazali ili ih uopće nema.

Za razliku od fiksnih sustava za gašenje pjenom, način gašenja pomoću mobilnih monitora ima manjkavost zbog velikog gubitka pjene koja nastaje zbog duljeg puta kojeg pjena prelazi iz cijevi monitora do pada na površinu koja se štiti. Tom prilikom velika masa stvorenih mjehura pjene se raspadne zbog strujanja kroz zrak, a posebno zbog utjecaja topline požara.

Ukupni učinak gašenja požara je velika potrošnja sredstava za gašenje pjena i vode u odnosu na fiksni sustav koji je opisan u prethodnom poglavlju ovog rada.

#### 2.2.8. Ručna mlaznica za pjenu

Gašenje požara pjenom na spremnicima zapaljivih tekućina nije preporučljivo pomoću ručnih mlaznica zbog:

- malog dometa ručnog mlaza pjene koji u najboljim uvjetima iznosi do 20 m
- zone toplinskog zračenja<sup>3</sup> koja je kod nadzemnog spremnika uvijek veća od 60 m
- sile reakcije ručnog mlaza kod većeg protoka, koja može biti numerički prikazana pomoću izraza:

$$R = 1.5 \times d_2 \times h$$

gdje je  $d_2$  - promjer usnaca mlaznice ( mm )

$h$  - tlak na mlaznici ( bar )

---

<sup>3</sup> Zona toplinskog zračenja obuhvaća prostor okolo zone gorenja i kod požara spremnika temperatura u prostoru je

Ručni mlaz pjene pogodan je za gašenje požara zapaljive tekućine manjeg opsega i intenziteta, kod kojeg se štíćena površina prekriva pjenom (požar na tlu). Način upotrebe ručne mlaznice je da se pjena izbacuje na jednu odabranu najpovoljniju točku u štíćenom prostoru, odakle će se pjena proširivati na ostali dio goruće površine. U ovakvim primjenama pjene bitno je primijeniti dovoljan broj ručnih mlazova pomoću kojih će se osigurati gustoća nanošenja veća od brzine raspadanja zbog temperature požara.



Slika 10. Mlaznica za tešku pjenu [10]

## 2.3. Karakteristike vatrogasnog vozila MB 3350 / 45 / 6 X 4 ACTROS

### 2.3.1. Vozni postroj

Tip vozila :	Mercedes Benz
Model:	3350 / 45 / 6 x 4 ACTROS

#### Motor:

Tip:	Mercedes Benz
Model:	OM 502 LA – EURO III
Izvedba:	V8 – cilindara dizelski motor s direktnim ubrizgavanjem i turbo punjačem
Snaga:	370 kW ( 503 KS ) pri 1800 okr./min
Radni obujam:	15 928 ccm
Hlađenje:	Hlađen vodom, pogonjeno pumpom, cijevni radiator s termostatom
Spremnik goriva:	300 l

#### Mjenjač:

Mjenjač:	Manualni, 16 brzina, s Telligent mjenjačem
Međuosovinski razmak:	4 500 mm + 1 350 mm
PTO:	Mercedes Benz NMV 4/125
Upravljanje:	Hidraulično upravljanje, s lijeve strane
Gume:	Prednja osovina: 385/65R 22.5-1-struko Stražnja osovina: 315/80R 22.5-1-struko

#### Ovjes:

Amortizeri:	Prednja i stražnja osovina opremljene teleskopskim amortizerima
Opruge:	Lisnate opruge na prednjoj i stražnjoj osovini
Stabilizatori:	Prednja i stražnje osovine opremljene stabilizatorima

#### Kočnice:

Nožna kočnica:	Pneumatska dvokružna kočnica s ABS
Ručna kočnica:	Opružna zračno kontrolirana bez vezivanja koja djeluje na stražnje kotače

Elektrika:

Napon:	24 V
Akumulator:	2 x 12 V/165 Ah

Oprema:

Hidraulična dizalica i alat za zamjenu guma
---

Kabina:

Tip:	Prednje kontrolirana, hidraulično preklopiva, upravljanje na lijevoj strani
Vrata:	Dvoja vrata, sa prozorima za spuštanje
Sjedala:	1 + 2

Kontrolna ploča:

Instrument ploča:	Opremljena je sa svim neophodnim pokazivačima, lampicama i prekidačima prema Mercedes Benz specifikaciji
-------------------	--

Kontrolna ploča za vatrogasno djelovanje:

Općenito:	Svi potrebni pokazivači i kontrole nadogradnje su integrirani u kontrolnu ploču
Uključivanje PTO:	Integrirano u kontrolnu ploču šasije
Sustav upozorenja:	Kontrole za vizualni i akustični upozoravajući sustav integrirani su u kontrolnu ploču šasije



### 2.3.2. Nadogradnja vozila

Konstrukcija:	Nadogradnja se sastoji od profilirani cijevi, ploča od aluminija, spojenih tehnologijom lijepljenja. Cijela nadogradnja je na pomoćnoj šasiji koja je fiksirana na šasiju pomoću gumeno/čeličnih konus nosača
Prostor s opremom:	Dva sa svake strane vozila
Prostor s opremom zatvoreni:	Otporni na prašinu i vodu, rolete od lagane legure sa trakama za zatvaranje, dugačkim rukohvatom i na zaključavanje
Prostor za pumpu:	Smješten u stražnjem dijelu
Vrata za prostor pumpe:	Od lagane legure, obješena na vrhu sa rukohvatom, bez zaključavanja
Materijali polica:	Aluminijske ploče za vanjski dio, podnice spremišta pumpe i radne površine. Radna površina je pokrivena sa slojem protiv klizanja
Radna galerija:	Sa jednostrukom aluminijskom prečkom
Ljestve:	Na kraju vozila s desne strane, od lagane legure i sa rukohvatima na radnoj galeriji
Blatobrani:	Izrađeni od aluminija i staklenih vlakana ojačanih poliestrom
Gazište ispred stražnje osovine:	Sa gazištem
Gazište iza zadnje osovine:	Gazište sa plinskim amortizerima i spremišnim prostorom
Bočna signalizacija gazišta:	Sa indikacijskim svjetlima naprijed i iza

## 2.4. Ugrađena oprema na vozilu MB 3350/46/6 X 4 ACTROS

### 2.4.1. Pumpa

Model pumpe:	ROSENBAUER R 600
Dizajn:	Centrifugalna sa dva stupnja normalnog tlaka
Materijal:	Kućište i rotor od nehrđajuće legure. Osovina pumpe od visokokvalitetnog nehrđajućeg čelika
Brtve pumpe:	Mehaničko brtvljenje osovine
Kapacitet:	6 800 l/min pri radnom tlaku od 10 bara pri usisu iz spremnika
Pogon pumpe:	Preko pomoćnog pogona „PTO“
Vakuumpumpa:	Dvostruka klipna sa manualnom kontrolom Maksimalna visina dobave usisom 9 m
Smještaj pumpe:	U stražnjem pretincu
Materijali cjevovoda:	Svi cjevovodi za vodu i priključci za pumpu napravljeni su od nehrđajućeg materijala, galvaniziranog čelika ili čvrstih gumenih ili fleksibilnih spojeva. Svi cjevovodi za pjenu i priključci na pumpu napravljeni su od nehrđajućeg čelika, mesinga ili čvrstih gumenih cijevi.
Spojnice:	STORZ
Usisni vod rezervoara vode:	Sa 6" leptir ventilom
Vanjski ulaz za vodu:	Dva usisna ulaza, jedan sa svake strane sa ručnim leptir ventilom, cjedilom i 4" spojnicom uključujući i slijepu spojnicu
Tlačni izlazi s lijeve strane:	Dva izlaza normalnog tlaka, sa leptir ventilima sa manualnim uključivanjem i 2.5" spojnicom uključujući i slijepu spojnicu
Tlačni izlazi s desne strane:	Dva izlaza normalnog tlaka, sa leptir ventilima sa manualnim uključivanjem i 2.5" spojnicom uključujući i slijepu spojnicu
Linija od pumpe do rezervoara:	Sa elektro pneumatskim upravljanim kuglastim ventilom
Linija za navalno vitlo:	Jedna linija normalnog tlaka, s kuglastim ventilom spojenim na vitlo za brzu navalu
Linija za monitor:	Jedna linija normalnog tlaka, spojen na krovni monitor



Slika 11. Radno sučelje pumpe [11]

#### 2.4.1.1. Sustav konstantnog tlaka

Upravljanje tlakom:	Automatsko reguliranje tlaka pumpe
Kontrola:	Potenciometar za tlak pumpe

#### 2.4.1.2. Sustav miješanja normalnog tlaka

Dizajn:	Rosenbauer DELTAMATIC je sustav miješanja normalnog tlaka, koji ne zahtjeva dodatni pogon za pumpu pjenila. Srce ovog sustava je diferencijalna klipna pumpa koja ima dvostruki učinak, a pogonjen je vodom za gašenje. Zbog geometrije pumpe tlak pjenila je konstantno veći od vode za gašenje. Diferencijalna klipna pumpa, funkcije pumpe za pjenilo, pogon pumpe za pjenilo i uređaj doziranja pjenila su jedna komponenta.
Omjer namješavanja:	Od 1 % do 10 %
Točnost namješavanja:	+/- 10%
Kapacitet miješanja:	Od 5 do 200 l/min
Tlak sustava:	Od 2 bara do 16 bara
Voda potrebna za pogon sustava:	1.4 puta u odnosu na volumen miješanja
Cjevovodni sustav:	Cijevi za vodu ili voda/pjena na obje strane vozila
Izlazi normalnog tlaka:	S desne i lijeve strane za vodu/pjenu
Monitor:	Voda ili voda/pjena, omjeri miješanja su slobodno podesivi
Ispiranje:	S kuglastim ventilom 25 mm
Cijev pogona vode:	S kuglastim ventilom 40 mm

#### 2.4.1.2. Kontrolna ploča pumpe

Kontrolna ploča pumpe smještena je u stražnjem dijelu vozila. Sljedeći instrumenti, kontrole, pokazivači i uključivanja su:

- Pokazivač normalnog tlaka: u barima
- Mano vakuummetar: u barima
- Uključivanje PTO a: ON/OFF prekidač i signalna lampica
- Kontrola gasa: prekidač +/-
- Brojač okretaja: za motor
- Temperatura sredstva za hlađenje motora: signalna lampica
- Indikator tlaka ulja motora: signalna lampica Indikator niskog tlaka zraka: signalna lampica
- Brojač sati rada: za pumpu
- Pokazivač razine spremnika vode: kružni pokazivač sa strelicom
- Uključivanje usisa spremnika vode: ON/OFF prekidač
- Uključivanje vakuum pumpe: ON/OFF trenutni prekidač isključivanje punjenja spremnika vode: ON/OFF prekidač
- Uređaj automatskog punjenja spremnika: selektivni prekidač signalna lampica funkcija prelijevanja s kontrolom )
- Upravljanje tlakom pumpe: ON OFF prekidač i potencijometar za namještanje tlaka pumpe i signalna lampica za kvalitetu
- Uključivanje drenaže: ručno upravljani kuglasti ventil
- Pokazivač razine spremnika pjenila: kružni pokazivač sa strelicom
- Uključivanje usisa spremnika pjenila: ON/OFF prekidač /4-~ Uključivanje omjera miješanja pjenila: selektivni prekidač



### 2.4.1.3. Vitlo za brzu navalu - NP

Dizajn:	Robusna i otporna na prljanje zbog nehrđajućih materijala. Vitlo od ABS plastike najbolje kvalitete. Aluminijski ručni pogon, ručna kočnica sprječava daljnje odmatanje cijevi
Namatanje:	Električno pomoću elektro motora instaliranog unutar vitla za uštedu prostora, mogućnost ručnog namatanja
NP cijev:	45 m gumene savitljive cijevi unutarnjeg promjera 32 mm
Mlaznica:	Rosenbauer „NE-PI-RO“ mlaznica kapaciteta 200 l/min pri tlaku od 10 bara, raspršeni ili puni mlaz
Nastavak za pjenu:	Da
Lokacija/količina:	Jedno vitlo montirano s desne strane vozila
Učvršćivanje vitla:	Fiksno
Vodilice:	Izvlačive i samokočne



Slika 12. Vitlo za brzu navalu [12]

#### 2.4.2. Spremnik za vodu i pjenu

Smještaj:	Na samoj šasiji kamiona
Kapaciteti:	4000 l vode i 6000 l pjenila
Materijali:	Visokokvalitetni laminatni poliester, ojačan staklenim vlaknima
Valobrani:	DA – sprječavaju gibanje medija u spremnicima, okomiti i vodoravni
Drenaža:	Kuglasti ventil 25 mm, ručno upravljani
Senzor razine spremnika:	DA - Fludometar
Grijač spremnika:	Snage 2 500 W, 230 V, 50 HZ, uključuje se kod temperature niže od 7°C

#### 2.4.3. Top-monitor za vodu i pjenu na krovu vozila

Model:	Rosenbauer RM 60 E
Smještaj:	Krov kabine
Mlaznica:	Kombinirana za vodu i pjenu
Nastavak za pjenu:	Nastavak niske ekspanzije, sa električno kontroliranim deflektorom
Upravljanje:	Upravljačka palica iz kabine vozila
Rotacija:	270 stupnjeva
Nagib:	Od -20 do + 70 stupnjeva
Kapacitet	6000 lit/min pri 10 bara

#### 2.4.4 Top-monitor za vodu i pjenu na hidrauličkoj ruci

Model:	Rosenbauer RM 60 H
Mlaznice:	Kombinirana za vodu i pjenu
Upravljanje:	Daljinsko pomoću joysticka, povezivanje kablom na upravljački modul kod pumpe
Kapacitet:	4 000 l/min pri 10 bara
Domet:	Puni domet mlaza voda/AFFF oko 74 m pri 4 000 l/min pri 10 bara
Zaokretno područje:	+/- 45 stupnjeva na svakoj strani
Vitlanja:	Od -50 do +45 stupnjeva



Slika 13. Top-monitor na hidrauličkoj ruci [13]

#### 2.4.5. Hidraulična ruka (platforma)

TIP:	ROSENBAUER / IKARUS WT 200
Pogon:	Hidraulična pumpa pogonjena preko PTO motora vozila Spremnik ulja kapaciteta 100 l, radni tlak 250 bara
Hidraulična ruka:	Trodijelna ruka sastoji se od tri glavna kraka, na kraju trećeg kraka se nalazi monitor
Horizontalna visina:	Oko 20 m
Maksimalna visina s monitorom:	Oko 21 m
Domet:	18 m računato od centra vozila
Područje okretanja:	360 / 180 stupnjeva lijevo i desno
Podupore:	4 vertikalna hidraulična stabilizatora
Upravljanje:	Daljinsko preko joysticka



#### 2.4.6. Dimenzije vozila i dopuštena opterećenja

Dužina:	10 400 mm
Širina:	2 500 mm
Visina:	3 700 mm
Dopušteno opterećenje:	9 000 kg
Dopušteno opterećenje na zadnjoj osovini ( #1 )	13 000 kg
Dopušteno opterećenje na zadnjoj osovini ( #2 )	13 000 kg
Dopuštena ukupna masa vozila:	33 000 kg

Dopuštena ukupna težina prelazi 14 t i spada u super teško cestovno vatrogasno vozilo.

#### 2.5. Usporedba postojećih načina gašenja pjenom sa gašenjem pomoću vozila MB 3350 ACTROS

Učinkovitost gašenja požara pjenom općenito jako ovisi o načinu na koji se stvorena pjena nanosi na površinu zapaljene tekućine. Ukoliko je primjena pjene na površinu koja gori „nježnija“<sup>4</sup>, to će se na gorućoj površini za kraće vrijeme formirati sloj pjene koji će se uspješno širiti i prekrivati ostali šticeći prostor u spremniku. Svaki od postojećih načina gašenja s mobilnom opremom ima određenu manjkavost u odnosu na vozilo tipa MB 3350/45/6 X 4/ACTROS.

U ovom radu analizira se i uspoređuje gašenje požara na nadzemnim spremnicima zapaljivih tekućina s fiksnim i plivajućim krovom u Rafineriji nafte Sisak. Analizira se učinkovitosti gašenja požara postojećom raspoloživom opremom u odnosu na novo vatrogasno vozilo za gašenje pjenom tipa MB 3350 / 45 / 6 x 4 / ACTROS. činjenica je da se u Rafineriji nafte Sisak za gašenje požara na spremnicima zapaljivih tekućina 1. i 2. skupine upaljivosti koriste fiksni polustabilni sustavi. Ovi

---

<sup>4</sup> „nježnija“ slijevanje pjene niz unutarnju stranu plašta spremnika preko fiksnog sustava do šticeće površine kada ne dolazi do uzburkavanja goruće površine tekućine

sustavi projektirani su u skladu priznatog pravila tehničke prakse NFPA 11 sustavi s pjenom niske ekspanzije ( teška pjena ).

Kao pričuva i zamjena u slučaju otkazivanja fiksnih polustabilnih sustava na spremnicima razrađeni su načini gašenja požara pomoću raspoložive mobilne opreme kao što su:

- zglobna hidraulična platforma
- mobilni monitori za pjenu
- monitori za pjenu fiksni na krovu kombiniranih vozila.

Gašenje požara pomoću zglobne hidraulične platforme omogućuje relativno brzo (od 4 — 5 min.) početak rada fiksnog monitora s pjenom koji se nalazi na drugom kraku platforme. Platforma mora doći na određenu poziciju u odnosu na gorući spremnik. Pomoću četiri stabilizatora osigurava se stabilnost vozila. Zasebnim hidrauličnim motorom podižu se hidraulični krakovi platforme u radni položaj, iznad visine spremnika, a monitor se usmjeri prema spremniku. Istovremeno uspostavlja se dobava vode sa dvije tlačne „ A " cijevi promjera 110 mm u centrifugalnu pumpu (platforma nema vlastiti spremnik za vodu). Rad centrifugalne pumpe za vodu osigurava glavni pogonski motor preko multiplikatora. U rad se uključuje posebni motor na platformi za pjenilo iz vlastitog spremnika (2 x 1 000 l). Po otvaranju svih ventila od pumpe za vodu, za pjenilo, ventila na spremniku pjenila, ventila na monitoru i hidranata za dobavu vode uspostavlja se mlaz pjene na monitoru. Za ovakav rad platforme angažiraju se tri vatrogasca, strojar, vozač, vatrogasac i voditelj vatrogasnog odjeljenja. Prema situaciji i rezultatima koji se postižu, monitor na platformi se preusmjerava tijekom rada po horizontali i vertikalno na nove odabrane točke rada. Koordiniranje rada monitora vrši voditelj odjeljenja koji sa određene pozicije promatra učinak gašenja požara i radio vezom daje korektivne upute strojaru. Pogodnost ovog načina gašenja požara je što se monitor pjene nalazi iznad nivoa spremnika koji se gasi, pa je mlaz pjene usmjeren odozgo ubačnom putanjom. Tom prilikom stvorena pjena najkraćom putanjom dopijeva na štíćenu površinu. Pri tome postoje gubitci pjene zbog trenja kroz zrak i raspadanja mjehura, te zbog toplinskog razaranja pjene. Određena učinkovitost mlaza pjene osigurana je načinom da se mlazom pogađa unutarnja stijenka plašta spremnika (kod plivajućeg krova), pa se pjena slijeva na goruću površinu bez uzburkavanja

površine tekućine. Isto tako kod gašenja požara spremnika s fiksnim krovom, mlaz pjene s platforme je moguće precizno ubacivati kroz otvor koji je nastao odvajanjem krova od plašta ili na mjestu oštećenja samog krova. Za osiguravanje dodatnih količina pjenila, na hidrauličnu platformu može se priključiti autocisterna s pričuvnim pjenilom (7000 l) koja osigurava neprekidnu dobavu pjenila do konačnog gašenja požara prema praktičnom iskustvu.

Kod upotrebe mobilnih monitora za pjenu učinkovitost gašenja požara je manja u odnosu na zglobnu hidrauličnu platformu. Kapaciteti prijevoznih i prijenosnih monitora za pjenu su od 1600 l najmanji do 4500 l/min. najveći. Vatrogasna postrojba u Rafineriji nafte Sisak raspolaže sa oko 20 ovakvih monitora. Domet mlaza pjene mobilnih monitora kreće se od 45 do 65 m pri 10 bara. Mobilni (prijvozni i prijenosni) monitori dopremaju se i postavljaju na odabrane pozicije oko štice spremnika. Neki tipovi prijevoznih monitora imaju vlastiti spremnik sa 1000 l pjenila i ejektorskom samousisnom mlaznicom. Rad monitora koji imaju vlastiti spremnik za pjenilo osigurava se dobavom vode izravno preko hidrantske mreže, a može i preko vatrogasnog vozila. Dodatne količine pjenila dopunjuju se iz autocisterne izravno u spremnik monitora. Kod gašenja požara preko monitora koji nemaju spremnik za pjenilo, dobava vode osigurava se priključivanjem tlačnim cijevima na hidrantsku mrežu, u kojoj se uspostavlja radni tlak veći od 10 bara, a pjenilo se ejektorskim sustavom mlaznice usisava iz bačvi. Druga mogućnost je da se mobilni monitori opskrbljuju otopinom vode i pjenila izravno preko vatrogasnog vozila, a vozila dobivaju vodu iz hidrantske mreže.

Navedene moguće kombinacije korištenja mobilnih monitora za gašenje pjenom primjenjuje se ovisno o situaciji na mjestu požara, a koju nadzire i procjenjuje zapovjedništvo intervencije. Manji učinak mlaza pjene preko mobilnog monitora u odnosu na učinak mlaza monitora hidraulične platforme je zbog dužeg puta koji mlaz pjene mobilnog monitora pređe od izlaza iz mlaznice do štice površine spremnika. Dio pjene ovog mlaza izgubi se na usponom putu od izlaza iz cijevi mlaznice do visine spremnika. U daljnjoj putanji mlaz ulazi u zonu gorenja gdje ga toplinski uzgon požara dalje razbija i uništava. Na kraju samo manji dio (15 — 20 %) od ukupne količine stvorene pjene dospije do štice površine. Na ovaj način gašenje požara se višestruko vremenski produžuje, a potrošnja pjenila znatno premašuje projektirane

količine koje bi se potrošile kod rada fiksnog sustava. Mobilni monitori pri radu nemaju stabilnost, jer zbog raskvašenog terena i dinamike rada dolazi do odstupanja smjera mlaza, kojeg je nužno stalno korigirati. Ovdje se javljaju i problemi oštećivanja, odnosno pucanja tlačnih cijevi preko kojih monitor radi pri dužim periodima rada. Zbog relativno kratkog dometa mlaza pjene (45 — 65 m) mobilni monitor u određenim slučajevima se ne može koristiti za izravno gašenje požara u spremniku. Najčešća uporaba mobilnih monitora odnosi se na gašenje požara u zaštitnim bazenima (tankvanama) skladišnih spremnika.

Fiksni monitori na krovu kombiniranih vatrogasnih vozila također se koriste pri gašenju požara kada je mlaz pjene potrebno izbaciti na veću udaljenost. Na krovu kombiniranih vatrogasnih vozila vatrogasne postrojbe Rafinerije nafte Sisak ugrađeni su fiksni monitori za vodu i pjenu. Kapaciteti ovih monitora su od 4000 do 5000 l / min. Svako vozilo ima vlastiti spremnik za vodu (5000 l), spremnik za pjenilo (5000 l) i kapacitet pumpe za vodu od 5400 do 6000 l/min. pri 10 bara. Domet mlaza pjene preko fiksnih monitora na krovu vozila kreće se od 75 do 80 m. Zbog povišenog položaja fiksnog monitora na krovu vozila ( $h = 3$  m), kraći je put mlaza pjene od izlaza iz cijevi mlaznice do štice spremnika u odnosu na mlaz preko mobilnog monitora koji je smješten na tlu. Fiksni monitor sa krova vozila ima potpunu stabilnost pa ne dolazi do nekontrolirane promjene pravca mlaza kao kod mobilnog monitora. Kod uspostave rada fiksnog monitora dobava otopine vode i pjenila vrši se izravno iz vlastitih spremnika vozila preko centrifugalne pumpe, pa su gubitci tlaka na tom dijelu minimalni. Dobava vode u vatrogasno vozilo osigurava se sa po dvije „ B " tlačne cijevi iz rafinerijske hidrantske mreže, ili sa „ A " tlačnim cijevima što je u ovisnosti o potrošnji vode. Kod povećane potrošnje vode u rafinerijskoj hidrantskoj mreži uspostavlja se radni tlak veći od 10 bara što omogućuje dobru dobavu i opskrbu svih potrošača koji su priključeni na hidrante. Dodatnu količinu pjenila u kombinirana vatrogasna vozila osiguravaju se priključivanjem autocisterne za dobavu pjenila koja ima spremnik pjenila volumena 17000 l i preko vlastite pumpe puni spremnike pjenila na vatrogasnim vozilima koja vrše izravno gašenje. U konačnici usporedbe postojećih načina gašenja požara pjenom u skladišnim 10 " spremnicima temeljem praktičnih iskustava može se zaključiti da je krajnja iskoristivost mlaza pjene preko hidraulične platforme oko 60 %. Ovdje se radi o onoj količini stvorene pjene koja dospije na štice površinu. Međutim nakon određenog vremena uspješnog gašenja (15 -- 20 min.) intenzitet požara počinje

slabiti čime se smanjuje i uništavanje pjene, pa učinkovitost mlaza raste. Kod mlaza pjene preko fiksnog monitora sa krova vozila, iskoristivost mlaza je području od 35 - 40 % mase pjene koja dospije do štíćene površine. Najmanja iskoristivost je svakako pri uporabi mlaza pjene mobilnog bacača koji je smješten na tlu i kreće se od 15 - 20 % volumena pjene koja dospije do štíćene površine. Imajući na umu sve navedeno u svezi učinkovitosti gašenja požara mobilnom tehnikom, jedno od osnovnih načela vatrogasne taktike predviđa da se u pred požarnom planiranju korištenja mobilne tehnike, planiraju dostatne količine. Ovdje se u prvom redu misli na dovoljan broj određene tehnike kojom će se istodobno započeti s gašenjem požara. Osiguranje odgovarajućih količina pjenila za gašenje, te osigurati dovoljne količine vode za gašenje i hlađenje. Vatrogasne snage također se definiraju u skladu sa brojem korištenih vozila, ili mobilnih bacača. Iz prakse je poznato da se za kombinirano vatrogasno vozilo koje radi sa fiksnim monitorom za pjenu uzima tri vatrogasca. Za uspostavu i nadzor rada više mobilnih monitora, za svaki monitor uzima se jedan vatrogasac.

## 2.6. Utvrđivane opravdanosti gašenja požara sa vozilom MB 335074576 X 4/ACTROS

Opravdanost nabavke vatrogasnog vozila tipa MB 3350/45/6 x 4/ACTROS utvrđena je definiranom potrebom za daljnje unapređivanje zaštite od požara koja se provodi na procesnim pogonima i skladišnom prostoru Rafinerije nafte Sisak. Analizom određenih akcija gašenja požara u Rafineriji u proteklih 15 godina, utvrđene su osnovne značajke vatrogasnog vozila koje će se moći suprotstaviti požarima zapaljivih tekućina na skladišnim spremnicima povišenim objektima procesnih postrojenja Rafinerije. Praktična iskustva su pokazala da je prilikom požara na skladišnim spremnicima dolazilo do uništavanja njihovih fiksnih sustava za gašenje pjenom, zbog oštećenja eksplozijom, ili deformacija koje su nastale pod utjecajem visokih temperatura. U takvim slučajevima ostaje za primjenu samo mobilna tehnika. Isto tako procesne posude, zračni hladnjaci i druga oprema na povišenim mjestima (visina do 20 m) u okviru procesnih postrojenja Rafinerije, u slučaju požara su teško dostupna za klasičnu mobilnu tehniku (ručne mlaznice, mobilni bacači). Učinkovitost kod gašenja ovakvih požara u pravilu osigurava mobilna oprema i tehnika koja omogućava

izbacivanje pjene na površinu koja gori sa pozicije koja je iznad razine požara. Na taj način mlaz pjene ubacuje se na požar odozgo, najkraćim putem do štíćene površine, čime najveća količina stvorene pjene dopijeva neoštećena na površinu koja gori.

Dodatna činjenica opravdanosti gašenja pomoću ovakvog vozila je kratko vrijeme (2 - 3 min.) za koje može započeti gašenje, veliki domet mlaza pjene do 70 m, dobra preglednost pogađanja cilja mlazom pjene, mogućnost preusmjerenja mlaza pjene po vertikali i horizontali tijekom rada monitora. Zalihe pjenila u spremniku vozila (6000 l) omogućuje neprekidan rad monitora od 25 min, što daje dovoljno vremena da se organizira dobava pričuvnih količina pjenila preko autocisterne, ukoliko bi za gašenje trebalo više pjenila.

Numerički izračun količine i vremena utroška pjenila iz spremnika vozila kod rada monitora slijedi prema izrazu:

$$Q \text{ pjenila} = Q \text{ otopine} / \% \text{ doziranje} = 4\ 000 : 0.06 \% = 240 \text{ l/min pjenila.}$$

$$T \text{ gašenja} = Q \text{ pjenila ukupno} : Q \text{ pjenila/min.} = 6\ 000 : 240 = 25 \text{ min.}$$

gdje je: Q otopine količina protoka otopine (voda + pjenilo) na monitoru doziranja doziranje pjenila u vodu Q pjenila ukupno - količina pjenila u spremniku vozila pjenila/min. - količina utroška pjenila po 1 minuti zaključak je da se za gašenje požara pjenom preko top - monitora na hidrauličnoj ruci troši 240 l pjenila/min, a spremnik od 6000 l pjenila ispraznio bi se za 25 min.

Veliki kapacitet fiksnog top monitora na hidrauličnoj ruci (4000 l/min. pri 10 bara), osigurava gustoću nanošenja pjene koji se dobije izračunom prema izrazu:

$$Q \text{ mlaza pjene} = Q \text{ otopine} \times \text{ekspanzija} = 4000 \times 8 = 32000 \text{ l} = 32 \text{ m}^3 \text{ pjene/min.}$$

Primjer : za površinu spremnika od  $1\,332\text{ m}^2$  ( volumen istoga je  $30\,000\text{ m}^3$  ) koji se pokriva slojem pjene debljine  $0,6\text{ m}$  potrebno je:

$$Q \text{ pjene} = 1\,332 \times 0,6 = 799,2\text{ m}^3 \text{ pjene ukupno}$$

$$T \text{ gašenja} = 799,2 : 32 = 24,97 \text{ "- } 25 \text{ minuta}$$

Ako se računa sa učinkom mlaza pjene preko jednog monitora  $40\%$ , tada je:

$$Q \text{ mlaza} = Q \text{ pjene} \times 0,40 = 12\,800 \text{ l} = 12,8 \sim 13\text{ m}^3 \text{ pjene/min}$$

$$T \text{ gašenja} = 799,2 : 12,8 = 62,4 \text{ } 63 \text{ minute}$$

Da bi se vrijeme gašenja svelo u razumne okvire za gašenje navedenog spremnika odredila bi se 3 monitora istih karakteristika pa bi vrijeme gašenja iznosilo:

$$T \text{ gašenja} = 799,2 : 11\,3 = 799,2 : 38,4 = 20,8 \sim 21 \text{ minuta.}$$

Osnovne tehničke karakteristike koje su kod ovog vozila ciljano koncipirane (kapacitet pumpe, volumen spremnika vode pjenila, visina hidraulične ruke na kojoj se nalazi fiksno ugrađeni top - monitor za vodu i pijenu, te kapacitet monitora ), a detaljno su opisane u poglavlju 2.3 ovog rada, mogu osigurati uspješnost u gašenju specifičnih požara u rafinerijskim postrojenjima i skladišnom prostoru.

### 3. ZAKLJUČAK

Zbog prirode tehnoloških procesa koji se odvijaju na postrojenjima Rafinerije nafte Sisak vrlo je visok rizik od mogućeg nastanka požara i tehnoloških eksplozija, kako u nivou zemlje tako i na visini.

Požari na visokim objektima uvijek će biti problematični za gašenje u odnosu na slične požarne situacije na zemlji. Iz tog razloga vatrogasne postrojbe koje na svom štíćenom području imaju visoke objekte, moraju biti opremljene vatrogasnim vozilima za gašenje požara odozgo.

Isto tako za uspješnost gašenja požara ključnu ulogu imaju uvježbanost pripadnika vatrogasne postrojbe u rukovanju raspoloživom tehnikom i opremom Specijalno vatrogasno vozilo za gašenja požara odozgo ima velike tehnološke i operativne mogućnosti kod gašenja požara na visokim objektima u Rafineriji nafte Sisak

Prema tome može se konstatirati da je ulaganje u vrhunsku vatrogasnu tehniku u koju svakako spada specijalno vatrogasno vozilo s top -- monitorom na hidrauličnoj ruci za gašenje požara odozgo svoju će opravdanost ulaganja u obavljanju poslova zaštite od požara pokazati u narednom periodu.



## 4. Literatura

1. Šmejkal, Z.: Uređaji, oprema i sredstva za gašenje i zaštitu od požara – Zagreb : SKTH/ Kemija u industriji, 1991
2. Bujandrić, V.: Tehnički priručnik za protupožarnu zaštitu. – Beograd : NIGP „Privredni pregled“, 1973
3. Šmejkal, Z.: Vatrogasna vozila prema normama EN i DIN. – Zagreb : Hrvatska vatrogasna zajednica, 2001.
4. Družeta, I.: Vatrogasna tehnika (drugo dopunjeno izdanje). – Beograd : Vatrogasni savez Jugoslavije, 1978.
5. Šefančić, S.: Vatrogasna vozila i uređaji. – Sigurnost, XVI, 1974, 2-3, 135-165.