

# Načini nastanka i uzroci požara i eksplozija pri proizvodnji, transportu i skladištenju ukapljenih plinova

---

**Matešić, Mario**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2017**

*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:128:617566>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-15**



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

*Repository / Repozitorij:*

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



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite  
Stručni studij Sigurnosti i zaštite

Mario Matešić

**NAČINI NASTANKA I UZROCI POŽARA I  
EKSPLOZIJA PRI PROIZVODNJI,  
TRANSPORTU I SKLADIŠTENJU  
UKAPLJENIH PLINOVA**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2016.

Karlovac University of Applied Sciences

Safety and Protection Department

Professional undergraduate study of Safety and Protection

Mario Matešić

**Methods and causes of fire and explosions  
in production, transport and storage of  
liquefied petroleum gases**

Final paper

Karlovac, 2016.

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite  
Stručni studij Sigurnosti i zaštite

Mario Matešić

**NAČINI NASTANKA I UZROCI POŽARA I  
EKSPLOZIJA PRI PROIZVODNJI,  
TRANSPORTU I SKLADIŠTENJU  
UKAPLJENIH PLINOVA**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:  
dr.sc.Zvonimir Matusinović

Karlovac, 2016.



## 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 studij: Stručni studij sigurnosti i zaštite

Usmjerenje: Zaštita od požara

Karlovac, 2016.

## ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Mario Matešić

Matični broj: 0248028969

**Naziv završnog rada:** Načini nastanka i uzroci požara i eksplozija pri proizvodnji, transportu i skladištenju ukapljenih plinova

**Opis zadatka :** Pribaviti podatke o načinima nastanka požara i eksplozija kod proizvodnje, transporta i skladištenja ukapljenih plinova

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datum obrane:

09/2016

1/2017

1/2017

**Mentor:**

Dr.sc.Zvonimir Matusinović

**Predsjednik izbornog povjerenstva:**

Dr.sc. Nikola Trbojević, prof. v. š.

## **PREDGOVOR**

Ovom se prilikom zahvaljujem svom mentoru, dr.sc Zvonimiru Matusinoviću, na ukazanoj pomoći, savjetima, podršci i posvećenom vremenu tijekom pisanja završnog rada te se zahvaljujem i ostalim profesorima Veleučilišta u Karlovcu, Studija sigurnosti i zaštite na pruženom znanju u razumijevanju tijekom mog školovanja. Također se zahvaljujem svojim roditeljima koji su mi bili podrška i oslonac tijekom školovanja.

## SAŽETAK

Plinovi i plinske smjese koriste se u različitim granama industrije, u istraživanjima i medicinskoj opremi. U uporabi su u procesima zavarivanja, čišćenja i rashlađivanja. Ovisno o namjeni, plinovi se mogu nabaviti u tekućem ili kondenziranom stanju. Isporučuju se u bocama ili spremnicima različitih veličina. Zbog velikog broja različitih tereta, različitih karakteristika, postupaka i tehnologije prijevoza te prema njima i specijaliziranih načina i oblika prijevoza, teško je dati zajednički zaključak za sve. U ovom je radu uzet na razmatranje primjer proizvodnje, transporta i skladištenja ukapljenih plinova koji se prevoze cestovnim prometom, na konkretnom primjeru ukapljenog acetilena. Cilj rada je ukazati na ulogu i važnost pravilnog provođenja svih koraka proizvodnog procesa, transporta te skladištenja ukapljenih plinova kako bi se mogućnost nesreća izbjegla ili barem svela na minimum. No bilo kako bilo, mogućnost nesreća, posebice požara i eksplozija prilikom proizvodnje, transporta i skladištenja bilo kojeg ukapljenog plina nije i ne može nikada biti u potpunosti isključena.

Ključne riječi : *plin, ukapljeno stanje, kondenzirano stanje, požar, eksplozija.*

## SUMMARY

Gases and gas mixtures are used in various industries, research and medical equipment. They are used in the process of welding, cleaning and cooling. Depending on the purpose, the gases are available in liquid or condensed form. They are supplied in bottles or containers of various sizes. Due to the large number of different loads, different characteristics, procedures and technology transfer and for them and specialized modes and forms of transport, it is difficult to give a common conclusion for all. In this work, the production, transport and storage of liquefied acitelene and its transport by the road is taken as an example. The aim of this work is to point out the role and importance of proper implementation of all steps of the production process, transport and storage of liquefied gases in order to avoid the accidents, or at least minimize them. But eitherway, the possible accidents, particularly fires and explosions during production, transport and storage of any liquefied gas is not and can never be completely ruled out.

Keywords: *gas, liquefied state, condensed state, fire, explosion.*

# SADRŽAJ

<b>ZAVRŠNI ZADATAK.....</b>	<b>I</b>
<b>PREDGOVOR .....</b>	<b>II</b>
<b>SAŽETAK.....</b>	<b>III</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>III</b>
<b>SADRŽAJ.....</b>	<b>IV</b>
<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1. Predmet i cilj rada.....	1
1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja.....	2
1.3. Sadržaj i struktura rada.....	2
<b>2. OPASNE TVARI I NJIHOVA SVOJSTVA.....</b>	<b>3</b>
2.1. Plinovi .....	4
2.1.1. Plinski zakoni i svojstva plinova .....	4
2.1.2. Klasifikacija plinova.....	6
2.1.3. Ukapljeni plinovi.....	8
<b>3. TRANSPORT UKAPLJENIH PLINOVA U CESTOVNOM PROMETU .....</b>	<b>9</b>
3.1. Učvršćivanje i transport ukapljenih plinova vlakom.....	11
3.2. Europski sporazum o međunarodnom prijevozu ukapljenih plinova cestama.....	12
3.3. Osposobljavanje vozača za transport ukapljenih plinova.....	13
3.4. Dokumentacija potrebna pri transportu ukapljenih plinova cisternama .....	15
3.5. Uzroci i posljedice nesreća pri prijevozu ukapljenih plinova .....	17
3.5.1. Preventivne mjere sigurnosti .....	17
3.5.2. Postupanja u slučaju nesreće.....	17



<b>4. KRETANJE I OZNAKE VOZILA KOJA PREVOZE UKAPLJENE PLINOVE.....</b>	<b>19</b>
4.1. Pločice i listice opasnosti .....	19
4.2. Označavanje opasnih tvari .....	21
4.3. Označavanje kotla cisterne.....	21
<b>5. MJERE UNAPREĐENJA UKAPLJENIH PLINOVA U HRVATSKOJ.....</b>	<b>23</b>
5.1. Mjere prevencije u transportu .....	23
5.2. Mjere prilagodbe i unapređenja transporta ukapljenih plinova.....	24
5.3. SWOT analiza transporta ukapljenih plinova u cestovnim prometu.....	25
<b>6. GORENJE I EKSPLOZIVNOST ACETILENA .....</b>	<b>27</b>
6.1. Primjena acetilena .....	27
6.2. Razvijač acetilena.....	29
6.3. Čišćenje i komprimiranje acetilena .....	33
6.4. Punjenje acetilena u ambalažu .....	33
6.5. Granice eksplozivnosti.....	34
6.6. Mjere sigurnosti i zaštite .....	36
6.7. Preventivne mjere za sprječavanje izvanrednog događaja.....	36
6.8. Postupak u slučaju požara i eksplozija .....	37
6.8.1. Uređaji i oprema za gašenje požara .....	37
<b>7. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>39</b>
<b>POPIS LITERATURE .....</b>	<b>40</b>
<b>POPIS PRILOGA .....</b>	<b>41</b>

# 1. UVOD

## 1.1. Predmet i cilj rada

Predmet ovog rada obuhvaća obradu najvažnijih mogućih načina nastanka i uzroka požara i eksplozija pri proizvodnji, transportu i skladištenju ukapljenih plinova, te mnoge moguće preventivne propuste, zbog kojih, u toj industriji, može doći do požara ili eksplozije, odnosno do tehnoloških nesreća s po zdravlje i okoliš opasnim tvarima. Požar se najčešće definira kao nekontrolirano gorenje koje nanosi materijalnu štetu ili ugrožava ljudske živote. Unatoč svim mjerama opreza koje se poduzimaju, s ciljem sprečavanja nastanka požara, opasnost od požara, s obzirom na raširenost uporabe mnogobrojnih gorivih tvari i izvora energije paljenja, uvijek postoji. Zbog nepoštivanja mjera sigurnosti i zaštite požari su česte pojave, koje nastaju pod različitim uvjetima i pri spletu različitih okolnosti. Kako postoji opasnost od nastanka požara, tako postoji i opasnost od nastanka kemijskih i fizikalnih eksplozija te opasnost od ispuštanja opasnih tvari, a naročito u proizvodnim procesima ukapljivanja plina zbog procesnog korištenja širokog spektra tvari koje mogu štetno djelovati na živote i zdravlje ljudi te na okoliš. Kemijske eksplozije su iznimno brze kemijske reakcije razlaganja i izgaranja čestica neke gorive ili eksplozivne tvari, praćene svjetlosnim bljeskom, zvučnim praskom, trenutačnim oslobađanjem velikih količina topline i naglim povećanjem obujma pritom nastalih pregrijanih plinovitih proizvoda. Osnovna je značajka svih vrsta eksplozija naglo povećanje tlaka u sredini gdje je eksplozija uzrokovana. Zbog toga ima razorne i rušilačke učinke čime ugrožava ljudske živote i imovinu. Brodovi za prijevoz ukapljenih plinova su posebna vrsta tankera čiji tekući teret čini određena vrsta plinova ili mješavina plinova. Teret se dovodi u tekuće agregatno stanje i u njemu se održava za vrijeme operacija ukrcaja i iskrcaja kao i skladištenja tijekom prijevoza morem. Cilj rada je ukazati na potencijalne opasnosti proizvodnje, transporta i skladištenja ukapljenih plinova pri čemu može doći do požara, eksplozije ili druge vrste tehnološke nesreće. Navedeno može biti tehnički složeno, te vrlo teško i opasno za pregled i pretraživanje pri očevidu, zbog postojanja mnogobrojnih opasnosti od ponovnog razbuktavanja požara, nastanka (nove) eksplozije, mogućih mehaničkih ozljeda, kemijskih opekline, strujnih udara ili trovanja opasnim plinovima, parama ili aerosolima, pri čemu je potrebno posebno rukovođenje i kontroliranje takvih područja od strane vatrogasaca i drugih profesionalnih službi, te poduzimanja potrebnih mjera

radi njihove sigurnosti i zaštite. Kao primjer u radu je navedena proizvodnja, transport i skladištenje acetilena, danas sve šire primijenjenog plina koji se transportira u ukapljenom stanju, a koji uzrokuje česte razorne nesreće u ponajprije u vidu eksplozija, često sa ozbiljnim posljedicama.

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

Kako bi se što kvalitetnije istražila problematika rada korišteni su različiti izvori podataka, od stručne literature iz područja ekologije, zaštite okoliša, te zaštite na radu do web stranica tematike završnog rada. Ovaj rad se bavi proučavanjem i analiziranjem već postojećih podataka. Kako bi se što detaljnije prezentirali podaci, korištene su znanstvene analize, klasifikacije, indukcije, dedukcije i deskripcije.

## **1.3. Sadržaj i struktura rada**

Rad tvori sedam međusobno povezanih cjelina. U rad uvodi predmet i cilj rada, izvori podataka i metode prikupljanja, te sadržaj i struktura rada, čemu prethodi predgovor te sažetak rada na hrvatskom i engleskom jeziku. Druga se cjelina odnosi na opasne tvari i njihova svojstva s posebnim osvrtom na pojam i karakteristike ukapljenih plinova. Treća se cjelina odnosi na transport ukapljenih plinova u cestovnom prometu sa praktičnim primjerom transporta vlakom, četvrta se cjelina odnosi na kretanje i oznake vozila koja prevoze ukapljene plinove, dok se peta cjelina odnosi na mjere unapređenja ukapljenih plinova u Hrvatskoj. Šesta se cjelina odnosi na karakteristike, granice zapaljenja i eksplozivnosti acetilena. Rad završava zaključkom, popisom korištene literature i popisom priloga.

## 2. OPASNE TVARI I NJIHOVA SVOJSTVA

Opasnim tvarima smatraju se tvari koje mogu ugroziti zdravlje ljudi, izazvati zagađivanje okoliša ili nanijeti materijalnu štetu, one koje imaju opasna svojstva za ljudsko zdravlje i okoliš, te one koje su kao takve definirane zakonima, drugim propisima i međunarodnim ugovorima, koje na temelju njihove prirode ili svojstava i stanja, a u vezi s prijevozom mogu biti opasne za javnu sigurnost ili red ili koje imaju dokazane toksične, nagrizajuće, nadražujuće, zapaljive, eksplozivne ili radioaktivne učinke. Opasnim tvarima smatraju se i sirovine od kojih se proizvode opasne robe i otpadi ako imaju svojstva opasnih tvari.

Kako su opasne tvari nezaobilazna sirovina u industriji, energent, prema tome i nezaobilazni dio svakodnevnog života, prijevoz opasnih tvari predmet je istraživanja s geoprometnog, gospodarskog, ekološkog i sigurnosnog gledišta. Opasne tvari mogu biti u plinovitom, krutom i rasutom agregatnom stanju.

Otrovne tvari uzrokuju smrt i narušavanje zdravlja udisanjem, gutanjem i dodiranjem s kožom. Zbog toga, opasne tvari moraju biti pravilno pripremljene za prijevoz, odnosno osigurane od neželjenog rasipanja ili neželjene reakcije s drugim materijalima u dodiru. Opasne tvari moraju biti osigurane za sigurno rukovanje, utovar, istovar kao i zaštićene od vanjskih utjecaja.

Prijevozu opasnih tvari treba pridavati posebnu pozornost, pomno proučavati svojstva i značajke opasnih tvari, odabirati prijevozna sredstva i obrazovati osobe koje se nalaze u neposrednom dodiru s opasnim tvarima. Opasne tvari se klasificiraju:

- Klasa 1 - eksplozivne tvari i predmeti s eksplozivnim tvarima
- Klasa 2 – plinovi
- Klasa 3 - zapaljive tekućine
- Klasa 4.1 - zapaljive krute tvari, samoreaktivne tvari i kruti desenzibilizirajući eksplozivi
- Klasa 4.2 - tvari podložne spontanom samozapaljenju
- Klasa 4.3 - tvari koje u dodiru s vodom stvaraju zapaljive plinove
- Klasa 5.1 - oksidirajuće tvari
- Klasa 5.2 - organski peroksidi
- Klasa 6.1 - otrovne tvari

- Klasa 6.2 - infektivne tvari
- Klasa 7 - radioaktivni materijal
- Klasa 8 - nagrizajuće (korozivne) tvari
- Klasa 9 - ostale opasne tvari i predmeti. [1]

## 2.1. Plinovi

U najširem smislu, plinovima se smatraju tvari koje se u uvjetima koji vladaju na zemljinoj površini nalaze u plinovitom stanju. Od 118 elemenata samo jedanaest je pod tim uvjetima u plinovitom stanju, a to su vodik, dušik, kisik, fluor, klor i šest inertnih plinova, helij, neon, argon, kripton, ksenon i radon.

Najveći broj plinova je bez boje, okusa i mirisa, što otežava njihovu detekciju i rukovanje s njima. Neki plinovi imaju svojstven miris, pa je određivanje njihove prisutnosti olakšano. Prisutnost ostalih plinova može se odrediti samo posebnim uređajima. Zbog toga se pri radu s plinovima moraju poduzeti sve mjere opreza kako bi se mogućnost nesreće smanjila na najmanju moguću mjeru. Opće obilježje svih plinova je da imaju vrlo malu volumnu težinu. Ova mana glavna je prepreka široj primjeni, jer je njihov prijevoz skup. Prijevoz plinova zahtjeva posude velikog volumena, odnosno visokog tlaka. U praksi se uglavnom primjenjuje ovo drugo rješenje, ali posude visokog tlaka nameću niz problema pri rukovanju. Skupe su i teške, tako da je pri prijevozu komprimiranih plinova odnos korisnog tereta prema ambalaži vrlo nepovoljan. U praksi se za prijevoz komprimiranih plinova najčešće primjenjuju tlakovi od 150-200 bara, ali za neke zapaljive i nestabilne plinove ovaj tlak je izrazito manji. Cestovni način prijevoza plinova još uvijek je osnovni način opskrbe malih potrošača u cijelom svijetu. [2]

### 2.1.1. Plinski zakoni i svojstva plinova

Temeljni pokazatelji koji određuju stanje plina su tlak, volumen i temperatura. Njihov odnos određuju prirodni zakoni koje treba upoznati da bi ih se u praksi moglo primijeniti.

**Boyle-Marriotteov zakon** - Prema ovom zakonu, produkt volumena i tlaka nekog plina, kod iste temperature, je uvijek isti (konstantan). Ovaj zakon vrijedi za idealne

plinove, međutim ne odgovara za plinove koji su pod većim tlakom, pa se zato u praksi računaju više korekcije prema postojećim tablicama.

**Gay-Lussacov zakon** - Prema ovom zakonu, volumen plina, kod konstantnog tlaka, za svaki stupanj Celzija, povećava za  $1/273$  prijašnjeg volumena. Isto tako mu se povećava tlak kod stalnog volumena za  $1/273$  od prijašnjeg tlaka. Tako će boca, napunjena kisikom, pod tlakom od 150 bara, kod temperature od  $15^{\circ}\text{C}$  imati kod viših temperatura veći, a kod nižih temperatura manji tlak. Primjerice, zimi će, na  $-5^{\circ}\text{C}$  manometar pune boce kisika pokazati tlak od 140 bara, a ljeti, na temperaturi od  $25^{\circ}\text{C}$  manometar će pune boce kisika pokazati tlak od 156 bara. [3]

**Avogardov zakon** - tvrdi da dva spremnika idealnog plina, sa jednakom temperaturom, tlakom i obujmom, sadrže jednak broj molekula. To znači da je obujam nekog spremnika, direktno proporcionalan sa brojem molova (ili molekula) u tom spremniku. Za 100 kPa i 273,15 K, obujam jednog mola idealnog plina iznosi 22,414 dm<sup>3</sup> ili 22,414 litre. Matematički se taj zakon može opisati kao:  $V = k_4 \cdot n$ , gdje je  $V$  – obujam plina (m<sup>3</sup>),  $n$  – broj molova plina u nekom spremniku (ukupan broj molekula podijeljen sa Avogadrovim brojem) i  $k_4$  – konstanta.

**Idealni i realni plinovi** - Idealni plin je takav plin čije čestice (atomi ili molekule) imaju ukupno zanemarivo malen vlastiti obujam. Također, između njih ne postoje međumolekularne Van der Waalsove sile, pa se idealni plin ne može prevesti u tekuće ili čvrsto stanje. Idealni plin je teorijski koncept, a realni plinovi mu se približavaju tek pri niskim tlakovima i visokim temperaturama. Idealni plin se ponaša prema jednadžbi stanja idealnog plina i statističkoj mehanici. Kod standardnog tlaka i temperature, većina realnih plinova ponaša se kao idealni plin. Većina plinova, kao što su zrak, dušik, kisik, vodik, plemeniti plinovi, pa i neki teži plinovi, kao što je ugljikov dioksid, mogu se tumačiti kao idealni plinovi, unutar razumnih odstupanja. Uglavnom, plin se ponaša više kao idealni plin kod viših temperatura i manjih gustoća (manjih tlakova), kada mehanički rad koji vrše međumolekularne sile postaje manje značajan u usporedbi s kinetičkom energijom čestica i veličina čestica je manje značajna u usporedbi s praznim prostorom između njih. Model idealnog plina značajno odstupa od realnog plina kod niskih temperatura i viših tlakova, kada međumolekularne sile i veličina molekula dolazi do izražaja. To se posebno odnosi na teže plinove, vodenu paru i freone. U nekim slučajevima, kod niskih temperatura i viših tlakova, realni plinovi mijenjaju agregatno stanje, pretvaraju se u tekućine ili krute tvari. Model idealnih

plinova ne dozvoljava promjene agregatnih stanja. U tom slučaju se trebaju koristiti složenije jednadžbe stanja. [4]

**Molarna masa** - u kemijskom računu se označava se velikim slovom M, a odgovara rezultatu dijeljenja mase i količine tvari. Izražava se u gramima po molu (g/mol).

**Gustoća plina** – to je broj koji nam pokazuje koliko je neki plin lakši ili teži od zraka mjereno pri tlaku od 1 bara i temperaturi od 0°C.

**Apsolutna vlažnost plina** - je količina vodene pare sadržana u 1 m<sup>3</sup> plina, ako je plin zasićen vlagom, izražena u gramima. Ako plin nije zasićen vlagom, radi se o relativnoj vlažnosti, što se označava kao relativan stupanj vlažnosti, u postocima.

**Vrelište plina** - je temperatura kod koje se plin pretvara u tekuće stanje pod tlakom od 1 bara. Ova je temperatura kod plinova daleko ispod 0, a ukoliko je tlak plina veći od 1 bara, plin se pretvara u tekuće stanje i kod viših temperatura.

**Kritična temperatura plina** - je temperatura iznad koje se plin više ne može pretvarati u tekuće stanje makar imao i najveći tlak.

**Kritični tlak** - je tlak potreban da se plin kod kritične temperature pretvori u tekuće stanje. Mjeri se u barima.

Iz svega navedenog može se zaključiti da povišenjem temperature plinovi povećavaju svoj volumen, a ukoliko se volumen ne može povećati ( $V=\text{konst.}$ ), onda se povećava tlak. Ovo je potrebno znati iz razloga kako bi posude mogli čuvati što sigurnije od izvora topline, jer bi ti izvori mogli biti uzročnici eksplozija.

### 2.1.2. Klasifikacija plinova

Sukladno odredbi Europskog sporazuma o cestovnom prijevozu opasnih roba u međunarodnom prijevozu (ADR), među plinove ubrajaju se komprimirani, tekući te duboko zamrznuti plinovi otopljeni pod tlakom.

Prema podjeli opasnih tvari po ADR-u (ADR - Europski sporazum o međunarodnom prijevozu opasnih tvari u cestovnom prometu donijet je 30. rujna 1957. godine u Ženevi, a detaljnija pravila odnosno Prilozi "A" i "B" Sporazuma objavljeni su 1969. godine.). Plinovi spadaju u opasne tvari klase 2, a to su: tvari koje pri 50°C imaju tlak

pare viši od 300 kPa i koje su kod 20°C i standardnog tlaka od 101,3 kPa u plinovitom stanju.

Tvari Klase 2 podijeljene su na :

- 1° Komprimirane plinove čija je kritična temperatura niža od 20°C (zrak, argon, helij)
- 2° Ukapljeni plinovi koji imaju kritičnu temperaturu minimalno 20°C (ugljičkov dioksid, butan)
- 3° Plinove pretvorene u tekućinu jakim hlađenjem (neon, kripton, ksenon)
- 4° Plinove koji su otopljeni pod tlakom (otopina amonijaka, otopljeni acetilen)
- 5° Posude za aerosol koje sadržavaju plin (aerosoli)
- 6° Predmete koji sadržavaju plin pod tlakom (aparati za gašenje požara)
- 7° Plinovi koji nisu pod tlakom
- 8° Prazne posude i prazne cisterne

Prema svojim kemijskim svojstvima plinovi su podijeljeni na:

- "A" Zagušljivi plinovi. Plinovi koji ne oksidiraju, ali smanjuju koncentraciju kisika u zraku (tetrafluormetan, argon, kripton, helij)
- "O" Oksidirajući plinovi. Plinovi koji pospješuju gorenje ostalih tvari (dušikov trifluorid, dušikov (II) oksid)
- "F" Zapaljivi plinovi. Plinovi koji su pri 20°C i kod standardnog tlaka 101,3 kPa zapaljivi u smjesi sa zrakom do kada u zraku ima 13% plina, te plinovi koji su zapaljivi u smjesi sa zrakom kada u zraku ima minimalno 12 % plina (metan, butan, ciklopropan, etan)
- "T" Otrovnici plinovi. Plinovi koji na čovjeka djeluju tako da ugrožavaju njegovo zdravlje (metilbromid, insekticid)
- "TF" Otrovnici i zapaljivi plinovi (naftni plin, etilenoksid, vodikov sulfid)
- "TC" Otrovnici i nagrizaajući plinovi (borov trifluorid, silicijev tetrafluorid, karbonil fluorid)
- "TO" Otrovnici i oksidirajući plinovi (tekući plin, perklorilfluorid)
- "TFC" Otrovnici, nagrizaajući i zapaljivi plinovi (diklorosilan, metilklorosilan)
- "TOC" Otrovnici, oksidirajući i nagrizaajući plinovi (klorov trifluorid, bromov klorid)



### **2.1.3. Ukapljeni plinovi**

Ukapljeni plinovi su plinovi prevedeni iz plinovitog u tekuće stanje i oni su zapaljive naravi. U zapaljive plinove ubrajaju se ukapljeni naftni plinovi, prirodni plin (zemni plin) čiji je glavi sastojak metan, te ukapljeni tehnički plinovi koji se rabe za zavarivanje, poput acetilena i vodika. Najčešće u kućanstvu rabljena smjesa ukapljenih naftnih plinova propana i butana aromatizirana je kako bi se taj plin koji je inače bez mirisa brzo osjetio kod ispuštanja. Od tih plinova opasnost prijete zbog ispuštanja te stvaranja eksplozivnih smjesa sa zrakom, odnosno pregrijavanja posuda i spremnika, nakon kojih može doći do rasprskavanja. U dodiru sa izvorom paljenja i u slučaju povoljnog omjera plina i zraka dolazi do eksplozije s nesagledivim posljedicama. Načelno, postoji veća opasnost od plinova u zatvorenim prostorima zbog manjka provjetravanja.

### 3. TRANSPORT UKAPLJENIH PLINOVA U CESTOVNOM PROMETU

Transport opasnih tvari, pa tako i ukapljenih plinova zahtjeva veće mjere opreza nego što je to pri pakiranju i skladištenju. Pri transportu postoje i dodatni rizici, kao što su djelovanje promjenjivih sila, promjene klime te eventualne prometne nezgode koje mogu izazvati prave katastrofe uzrokovane djelovanjem opasnih tvari. Stoga postoje mnogi međunarodni propisi o transportu opasnih tvari, kojima je utvrđena klasifikacija, način označavanja i uvjeti kojih se mora pridržavati tijekom transporta. Transport ukapljenih plinova u cestovnom prometu određuje se u Hrvatskoj posebnim Zakonom o prijevozu opasnih tvari, ali za međunarodni i domaći promet Zakonom se predviđa i korištenje međunarodne konvencije i to europski sporazum o cestovnom prijevozu robe u međunarodnom prometu (ADR). [5]

Transport ukapljenih plinova u cestovnom prometu, po vrstama, utvrđen je u Europskom sporazumu o međunarodnom prijevozu opasnih tvari u cestovnom prometu. Poznat je pod imenom ADR (franc. Accord europeen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route). ADR klasifikacija identična je klasifikaciji u željezničkom prometu RID.

Obveza pošiljatelja je da smije predati ukapljeni plin na transport tek ako je to zakonom dopušteno, a plin punjen zakonom propisanu ambalažu, ako je udovoljeno odredbama o načinu prijevoza, zajedničkom utovaru, rukovanju, čuvanju, čišćenju i dekontaminaciji te ako vozilo udovoljava uvjetima iz zakona, ako su osobi koja obavlja prijevoz uručene propisane prateće isprave i ako su primijenjene sve druge mjere sigurnosti koje su potrebne za siguran prijevoz.

Obveze organizatora transporta su osigurati ispunjavanje svih uvjeta iz zakona, a odnose se na organizaciju i prijevoz opasnih tvari.

Obveze pakiratelja su poštivanje odredaba o pakiranju, poštivanje odredaba o znakovima upozorenja, natpisima i oznakama, listicama za označavanje opasnosti kod pripreme pakiranja, poštivanje mjera sigurnosti sukladno odredbama zakona.

Obveze punitelja su da prije punjenja opasnih tvari u teretne prostore namijenjene prijevozu opasnih tvari provjeri jesu li teretni prostori i njihova oprema očišćeni i tehnički

ispravni te je li istekao rok za sljedeću kontrolu cisterne, baterijske cisterne, demontabilne ili prenosive cisterne.

Obveze utovaritelja su da započne utovar tek kada su ispunjeni svi uvjeti za transport, poštovati odredbe o zabrani zajedničkog utovara i o razdvajanju svih oblika opasnih tvari od živežnih namirnica i stočne hrane, vršiti utovar samo na određenom i u tu svrhu opremljenom mjestu za utovar, poštovati druge mjere sigurnosti u skladu s odredbama zakona.

Obveze prijevoznika su da smije vršiti transport ukapljenog plina ako posjeduje odobrenje za prijevoz, te ako je ukapljeni plin pakiran u ambalaži, koja udovoljava uvjetima iz zakona i ako su ispunjene odredbe o načinu transporta, zajedničkom utovaru, rukovanju i osiguranju ukapljenog tijela te čišćenju, otplinjavanju i dekontaminaciji teretnih prostora.

Obveze primatelja su da u najkraćem mogućem roku preuzme ukapljeni plin, očisti vozilo i teretni prostor, obavi otplinjavanje ili dekontaminaciju i pobrine se da se nakon čišćenja, otplinjavanja ili dekontaminacije s vozila uklone znakovi upozorenja, natpisi, oznake i listice za označavanje opasnosti, ako je to propisano odredbama zakona te istovare ukapljeni plin samo na za to određenom i posebno opremljenom mjestu za istovar.

Ukapljeni plin pri prijevozu u cisternama širi se povećavanjem temperature, čime se povećava tlak na zidove cisterne. Zato je moguće tovariti do najveće dopuštene mase punjenja, koja ovisi o koeficijentu širenja ukapljenog plina. Najveća dopuštena masa punjenja izračunana je i naznačena na tablici na čelu kotla cisterne. Utovar i istovar ukapljenog plina :

- može se obavljati samo na mjestima gdje ne može doći do ugrožavanja ljudi, okoline i prometa
- mjesta utovara moraju biti opremljena uređajima za utovar i istovar, uređenim pristupima sa postavljenim znakovima opasnosti, upozorenja, te drugom opremom ovisno opasnostima vezanim uz manipulaciju na mjestu utovara
- mjesta utovara moraju biti opremljena ručnim i prijevoznim vatrogasnim aparatima

- ako se na utovarno-istovarnim mjestima manipulira ukapljenim plinovima na takvim mjestima električna instalacija mora biti izvedena u protueksplozijskoj zaštiti, te moraju biti provedene mjere odvođenja statičkog elektriciteta. [6]

### **3.1. Učvršćivanje i transport ukapljenih plinova vlakom**

Kada se tovore pošiljke opasnih tvari, pa tako i ukapljenih plinova valja se pridržavati propisa koji vrijede u otpremnom kolodvoru. Komadi za otpremu, na koje su nalijepljeni različiti listići za opasnost, ne smiju se tovariti zajedno u vagon ili u kontejner, osim ako zajedničko tovarenje nije dopušteno prema tablici na osnovi listića za opasnost. Za pošiljke koje se ne smiju tovariti zajedno s drugima moraju se ispostaviti posebni teretni listovi. Prije početka utovara pošiljatelj (ili pošiljateljev predstavnik) željeznici mora predati pravilno i potpuno ispunjen teretni list. Naznaka opasne tvari u teretnom listu mora odgovarati jednomu od naziva u Pravilniku RID.

Velike posude za rasuti teret i prazne vagonске cisterne, ako nisu očišćene, moraju biti olistane istim listićima za opasnost kao da su pune. Neočišćenu praznu ambalažu, pod kojom se podrazumijevaju i velike posude za rasuti teret, valja smjestiti u vagon ili skladištiti odvojeno od namirnica, drugih predmeta za prehranu i od stočne hrane. Ambalaža koja se koristi za transport ukapljenog plina mora biti atestirana i označena prema odgovarajućim normama i propisima. Ukapljeni plinovi, zapakirani u odgovarajuću ambalažu, prevoze se u kontejnerima, zatvorenim vagonima, vagonским cisternama i kontejnerskim cisternama. Kod prijevoza ukapljenih plinova postoje određene posebnosti, kao što su u sljedećim primjerima:

- prijevozna sredstva kojima se prevoze ukapljeni plinovi moraju odgovarati tehničkim uvjetima propisanim za određenu vrstu zapaljivih materijala
- ambalaže za transport ukapljenog plina smiju se puniti samo plinom za čiji su prijevoz odobrene i koja s materijalima od kojih su izrađene posude, s dijelovima opreme i zaštitnim oblogama s kojima plin ne reagira opasno.

Dijelovi opreme koja se koristi kod transporta ukapljenih plinova trebaju biti postavljeni i osigurani tako da se kod manipulacije i transporta ne oštete i moraju garantirati istu

sigurnost kao i posude za transport ukapljenih plinova te biti prilagođeni ukapljenom plinu koji se prevozi.

### **3.2. Europski sporazum o međunarodnom prijevozu ukapljenih plinova cestama**

Zakon o prijevozu opasnih tvari donesen je i usvojen u Hrvatskom saboru 2007. godine, (Narodne novine 79/07), a stupio je na snagu 01. siječnja 2008. godine. Zakonom je implementiran Europski sporazum o međunarodnom prijevozu opasnih tvari u cestovnom prometu (ADR) kao i pripadajući Prilozi A i B u zakonodavstvo Republike Hrvatske.

Restrukturirani Sporazum o međunarodnom prijevozu opasnih tvari cestom, ADR 2001, (sada već dopunjen s izmjenama ADR 2003, ADR 2005, ADR 2007, ADR 2009, ADR 2011, ADR 2013 i ADR 2015) osnova je za postupanje s opasnim tvarima u svim dijelovima prijevoznog procesa. Sporazum se izmjenjuje i dopunjuje svake druge (neparne) godine te upravo te izmjene i dopune utječu na nacionalne propise i ponašanje s opasnim tvarima te ih je potrebno neprekidno pratiti i usvajati. Vozilo da bi zaslužilo ADR Certifikat mora u svim segmentima zadovoljiti i specifične zahtjeve koje nameće ADR, pa svakako i odredbe o građi spremnika u kojima se prevozi ukapljeni plin. Da bi spremnik pričvršćen na vozilo bio u sklopu vozila odobren sukladno ADR-u potrebno je pregledati spremnik i dokumentaciju o građi spremnika te ga tipno odobriti. Spremnik ne smije biti oštećen ili prepravljani, te mora imati trajno pričvršćenu pločicu proizvođača s potrebnim podacima o spremniku. Dokumentacija o građi i prvom ispitivanju spremnika za tek proizvedena vozila dobiva se od proizvođača i čuva kao trajan dokaz značajki spremnika. Bilo da je riječ o novim ili rabljenim spremnicima na vozilima potrebno je pri odobravanju prema ADR-u priložiti dokumentaciju o građi i prvom ispitivanju spremnika i konstrukcijske opreme spremnika.

S obzirom na raznolikost izvedbi ADR spremnika nije moguće točno definirati svu potrebnu dokumentaciju, ali je najčešće potrebno imati specifikacije mehaničkih svojstava spremnika (certifikate o ispitivanju mehaničkih svojstava limova od kojih je napravljen plašt, podnice, valobrani i pregradne stjenke spremnika), izvješće o tipnom odobravanju spremnika (ako za vozilo nije prezentirana dokumentacija o tipnom

odobrenju, a tipno odobrenje za takav spremnik ne postoji od prije u Republici Hrvatskoj, za očekivati je donekle složeniji postupak odobravanja), izvješće o prikladnosti spremnika za prijevoz pojedinih vrsta ukapljenog plina (popis opasnih tvari za koje proizvođač spremnika jamči da se smiju prevoziti u spremniku to jest da kompatibilni s materijalima spremnika i armatura), upute za rukovanje pri punjenju i istakanju, kod spremnika za sve spremnike koji su proizvedeni nakon 30. lipnja 2001. godine., ako je spremnik opremljen mjernim ili drugim uređajima koji sadrže električne strujne krugove pod stalnim naponom i u područjima zona eksplozivnih atmosfera, treba i dokumentacija o prikladnosti izvedbi tih uređaja.

Propisi Republike Hrvatske koji se odnose na prijevoz opasnih tvari u cestovnom prijevozu se postupno usklađuju s međunarodnim propisima Europske unije. Cilj usklađivanja je smanjenje rizika od onečišćenja na što manju moguću mjeru kao i smanjenje broja nesreća s ukapljenim plinovima, te izjednačenost propisa u svim državama potpisnicama Europskog sporazuma o međunarodnom cestovnom prijevozu opasnih tvari (ADR). Priprema, usklađivanje i provedba propisa prijevoza opasnih tvari u cestovnom prometu u Republici Hrvatskoj u nadležnosti je Ministarstva pomorstva, prometa i infrastrukture.

### **3.3. Osposobljavanje vozača za transport ukapljenih plinova**

Novim Pravilnikom o uvjetima za ovlašćivanje ustanova koje provode stručno osposobljavanje vozača vozila za transport opasnih tvari u cestovnom prometu, propisuju se prostorni, tehnički i kadrovski uvjeti koje moraju ispunjavati ustanove koje provode stručno osposobljavanje vozača takvih vozila te način i postupak izdavanja ovlaštenja za obavljanje stručnog osposobljavanja. Stručna poduka osoba koje sudjeluju u transportu, pakiranju, utovaru, istovaru, punjenju i pražnjenju koje je vezano s tim transportom je obvezna. One moraju imati odgovarajuće obrazovanje, završen program stručne poduke, ovisno o poslovima i obvezama radnog mjesta i položen ispit stručne poduke. Stručna poduka i njihovo znanje u opsegu značajnom za sigurnost poslova koje obavljaju, mora se periodično, a u propisanim slučajevima i izvanredno provjeravati. Uvjeti i obveze za vozača koji prevozi ukapljeni plin su :

- vozač smije prevoziti ukapljeni plin ako je navršio 21 godinu života i ima najmanje godinu dana radnog iskustva na poslovima vozača teretnog vozila čija najveća dopuštena masa prelazi 3500 kg, posjeduje valjanu ispravu o stručnoj osposobljenosti za prijevoz opasnih tvari u skladu s odredbama zakona, upoznat je sa svojim obvezama i posebnostima prijevoza
- ako vozilo i teret odgovaraju propisima
- ako su pakiranja i vozilo označeni odgovarajućim znakovima upozorenja, natpisima, oznakama i listicama za označavanje opasnosti te drugim informacijama o ukapljenom plinu i vozilu u skladu s zakonskim odredbama
- ako posjeduje dokaz o osiguranju od odgovornosti za štetu prouzročenu trećim osobama, posjeduje isprave i dodatnu opremu sukladno odredbama zakona
- ako su ispunjeni drugi uvjeti za prijevoz u skladu s odredbama zakona
- u vozilu ne smije biti tvari koje mogu izazvati požar
- vozilo s ukapljenim plinom ne smije biti popravljano u dijelovima koji mogu izazvati požar ili eksploziju
- količina opasne tvari limitirana je, tako da u slučaju istjecanja ili druge nezgode u prijevozu ne dođe do ugrožavanja drugih sudionika u prometu, te do uništenja imovine veće vrijednosti
- brzina motornog vozila natovarenog ukapljenim plinom ne smije biti veća od 70 km/h
- prema ADR, motorna vozila koja prevoze ukapljeni plin moraju biti označena znakovima i svjetlom te je stoga oznaka na vozilu s prednje i zadnje strane pravokutnog oblika s narančastom reflektirajućom osnovom, dimenzija 30 x 40 cm
- zabrana zajedničkog utovara ukapljenog plina sa različitim listicama opasnosti, osim ako zajednički utovar nije dozvoljen prema tablici
- ako se, nakon što je vozilo ili kontejner u kojemu je pohranjen ukapljeni plin istovaren, utvrdi da je neznatna količina sadržaja iscurila, vozilo ili kontejner moraju se očistiti što prije i svakako prije utovara
- zabranjeno je pušiti za vrijeme manipulacije u blizini vozila ili kontejnera i u vozilu ili kontejneru
- utovar i istovar se vrši na određenim punktovima

- ministarstvo koje izdaje potvrdu o transportu ukapljenog plina može tražiti dodatne mjere sigurnosti

Vozač je tijekom utovara, prijevoza i istovara ukapljenog plina dužan poštovati mjere sigurnosti sukladno odredbama zakona. Vozač je tijekom prijevoza dužan poštovati odredbe o nadzoru i parkiranju vozila sukladno odredbama Zakona o prijevozu opasnih tvari. Pregled ispravnosti vozila i obradu dokumentacije na temelju koje se izdaje Potvrda o udovoljavanju vozila za transport ukapljenog plina obavlja pravna osoba koju ovlasti nadležno ministarstvo. Pregled vozila za potrebe obrade dokumentacije, na temelju koje se izdaje Potvrda o udovoljavanju vozila za transport ukapljenog plina mogu obavljati nadzornici tehničke ispravnosti vozila sa završenom najmanje višom stručnom spremom strojarskog ili prometnog smjera, koje ovlasti pravna osoba. Vozač vozila za transport ukapljenog plina mora posjedovati važeće uvjerenje o stručnoj osposobljenosti ovjereno od ustanove koje ovlasti ministarstvo uz suglasnost ministarstva unutarnjih poslova, ako ispunjavaju uvjete iz posebnih propisa.

Osim zahtjeva koji se odnose na vozila, osobe uključene u prijevoz ukapljenih plinova trebaju prepoznavati i brojna izuzeća od zahtjeva ADR-a, kako bi pojednostavnili ili pojednostavnili postupak prijevoza i skrbi o ukapljenim plinovima. Sudionici u transportu dužni su poduzeti sve preventivne potrebne mjere da se spriječi nastanak bilo kakve nezgode. Ipak, dogodi li se nezgoda, dužni su odmah obavijestiti Državnu upravu za zaštitu i spašavanje na broj 112.

### **3.4. Dokumentacija potrebna pri transportu ukapljenih plinova cisternama**

Dokumentacija za transport ukapljenih plinova u cestovnom prometu, cisternama, podrazumijeva :

- Prometna dozvola (mora odgovarati značajkama i šasiji vozila), a ako je riječ o vozilu-cisterni ili vozilu za prijevoz eksploziva HR oznaka tada postoji i Potvrda o ispitivanju vozila s čijim podacima prometna dozvola mora biti usklađena.
- Vozačka dozvola mora biti datumski važeća.
- Certifikat o osposobljenosti vozača - datumski važeći, mora i predočavati razinu obučenosti vozača i mora biti važeća za onu klasu tvari koja se prevozi.



- Tovarni list (isprava o prijevozu opasne tvari) s opisom opasne tvari, mora sadržavati bitne opise prevožene robe kao što je tehničko-prijevoznički naziv tvari.
- Knjižica preventivnih pregleda i periodičnih pregleda kočnica - posebni dokument na kojem se u posebne rubrike upisuju datumi kada je pregled obavljen i dokada vrijedi
- Potvrda o ispitivanju vozila (opisuje tehničko stanje vozila s naglaskom prerade zahtijevane ADR-om i drugim propisima). Vrijedi za vozilo prema broju šasije.
- ADR Certifikat ima valjanost godinu dana od dana izdavanja. Izdaje se temeljem dokazane ispravnosti na godišnjim pregledima u specijaliziranim stanicama za tehnički pregled vozila. ADR Certifikat je svjedodžba o prikladnosti vozila za prijevoz određenih opasnih tvari. Sadrži osnovne podatke o vozilu, vlasniku i prijevozniku te prikladnosti prijevoza pojedinih opasnih tvari i važne napomene, te je naznačen i tip vozila. U Hrvatskoj se još uvijek, uz novi obrazac ADR Certifikata izdaje i stari obrazac, koji sadrži manje podataka od novog, ali je propisan Pravilnikom o načinu prijevoza opasnih tvari u cestovnom prometu, te ga valja pohranjivati u vozilu.
- Kontrola zaštite od statičkog elektriciteta se provodi za vozila namijenjena za prijevoz određenih vrsta opasnih tvar. Kontrola se provodi svakih šest mjeseci samo na vozilima za prijevoz eksplozivnih tvari te zapaljivih tvari plamišta nižim od 55 °C kao i zapaljivih tvari čija je temperatura prilikom utovara i istovara veća od 4/5 temperature plamišta.
- Upute za posadu u slučaju opasnosti moraju biti uočljive, lako i dostupne u kabini vozača i sadržavati naziv tvari, UN broj, klasu, (ako je riječ o miješanim teretima dopustivo je definirati samo klasu) fizikalni opis tvari, opis osnovne opasnosti, eventualne naknadne štete okolišu, reakcije pri zapaljenju i moguće štetne reakcije s vodom, potrebna dodatna zaštitna oprema i pomagala za sanaciju, upute vozaču o djelovanju tvari ako je došao u dodir te osnovne postupke koje glase; ugasiti motor, ne koristiti otvoreni plamen i ne pušiti, upozoravajućim znakovima izvijestiti i druge sudionike u prometu o nezgodi, obavijestiti prisutne na opasnost i savjetovati da stoje uz vjetar, čim prije obavijestiti hitne službe (vatrogasce, policiju, Centar 112) te pošiljatelja pošiljke.

[7]

### **3.5. Uzroci i posljedice nesreća pri prijevozu ukapljenih plinova**

Najčešći mogući uzroci nesreća s ukapljenim plinovima su ljudska propusti u radu, nestručno rukovanje s ukapljenim plinom, neuvažavanje statičkog elektriciteta u tehnološkom procesu, kvar na opremi i postrojenju, neodgovarajući prijevoz, prometna nesreća te teroristički napad na objekte. Prema statističkim podacima MUP-a više od 85% nesreća uzrokovano je ljudskim čimbenikom. U Hrvatskoj njihova učestalost raste. Kada je cestovni promet u pitanju, najčešće su krivci neprofesionalni odnosno nedovoljno educirani i neiskusni vozači koji ne poštuju elementarna pravila kao što su smanjena, odnosno brzina prilagođena uvjetima vožnje, nedovoljan razmak među vozilima, nepažljivo pretjecanje, no krivci za nesreću nerijetko su i umor, pa čak i alkoholiziranost vozača.

Opasnost prilikom prijevoza opasnih tvari cestom vreba i zbog lošeg stanja u kojem se nalaze hrvatske ceste.

#### **3.5.1. Preventivne mjere sigurnosti**

Zaštita od nesreća s ukapljenim plinovima provodi se putem evakuacije ljudi i dobara s ugroženog područja. U slučaju da se osoba zatekne na takvom mjestu nesreće treba primijeniti postupke za osobnu zaštitu i upotrijebiti specijalna zaštitna sredstva za zaštitu organa za disanje, očiju i tijela (zaštitne maske, rukavice, čizme, osobni pribor za dekontaminaciju i slično). Kao priručna sredstva mogu poslužiti vlažne maramice, krpe, vlažni zavoji (zaštita organa za disanje), vjetrovke i otpornija odjeća od sintetičkog i nepromočivog materijala, naočale i slično. Potrebno je promatrati kretanje ukapljenog plina u odnosu na mjesto gdje se ljudi uvažavajući puhanje vjetra i krećući se okomito na njegov smjer te donijeti odluku za spašavanje evakuacijom ili zaklanjanjem.

#### **3.5.2. Postupanja u slučaju nesreće**

U slučaju nesreće ili neželjenog događaja pri transportu ukapljenog plina članovi posade vozila moraju obaviti :

- aktivirati kočni sustav, zaustaviti motor i isključiti akumulator preko glavne strujne sklopke

- spriječiti izvor zapaljenja, osobito tinjanje ili zagrijavanje spojeva električne opreme
- obavijestiti o neželjenom događaju nadležne službe, davanjem što je moguće više podataka o incidentu i tvarima koje su uključene
- koristiti obuću (reflektirajući prsluk) i postaviti samostojeće signalne oznake
- predati prijevozne dokumente odgovornim osobama
- ne šetati i ne dirati po rasutim tvarima i spriječiti udisanje dima, prašine i para stajanjem od smjera vjetra
- sigurno koristiti vatrogasne aparate u slučaju požara na gumama, kočnicama i motornom dijelu
- požare u teretnim prostorima ne smiju gasiti članovi posade vozila
- koristiti sigurnosnu opremu za sprječavanje propuštanja i otjecanja tekućina u okoliš ili kanalizacijski sustav i spriječiti razlijevanje
- udaljiti se od mjesta nesreće ili neželjenog događaja, savjetovati i pomoći drugim osobama da se udalje od nesreće i slijediti upute nadležnih službi o neželjenom događaju
- ukloniti svu kontaminiranu odjeću i korištenu zaštitnu opremu na sigurno.

## 4. KRETANJE I OZNAKE VOZILA KOJA PREVOZE UKAPLJENE PLINOVE

Brzina motornog vozila koji prevozi ukapljeni plin ne smije biti veća od 70 km/h. Prema ADR-u sva vozila koja prevoze opasne tvari, pa tako i ukapljeni plin, moraju biti označena znakovima i svjetlom. Oznaka na vozilu s prednje i stražnje strane pravokutnog je oblika s narančastom svjetlećom osnovom, dimenzija 30 x 40 cm.



Slika 1 – Opasnost dodira ukapljenog plina sa vodom

IZVOR : [http://www.prometna-zona.com/cestovni-sigurnost-001opasne\\_tvari1.php](http://www.prometna-zona.com/cestovni-sigurnost-001opasne_tvari1.php) [8]

Pravokutnik je podijeljen na dva dijela, pa je tako u gornjem dijelu upisan broj opasnosti, a u donjem dijelu broj tvari prema UN listi.

### 4.1. Pločice i listice opasnosti

Listice opasnosti su znakovi propisanih dimenzija (25x25 cm ili 10x10 cm), boja i brojeva kojima se dodatno obavještavaju sudionici u prijevozu opasnih tvari u prometu o osnovnoj opasnosti i dodatnoj opasnosti.

Listice osnovne opasnosti propisane su za određenu klasu opasne tvari. Razlikuju se bojom i simbolom, a u donjem dijelu mogu imati zvjezdicu i broj pripadajuće klase opasnosti (1, 2, 3, i tako dalje). Listice dodatne opasnosti postavljaju se uz listice osnovne opasnosti kako bi pobliže upozorile na opasnu tvar koja se prevozi. Za obilježavanje opasnih materijala postoje i oznake koje se stavljaju na ambalažu da bi skrenule pažnju na opasnosti kod rukovanja.

Vozila koja prevoze ukapljeni plin moraju biti propisno označena, sukladno ADR-u. RID ( franc. Règlement concernant le transport International ferroviaire des marchandises Dangereuses) ploče su narančaste boje s crnim obrubom debljine 15 mm, a podijeljena je crnom vodoravnom crtom debljine 15 mm na dva jednaka dijela. Brojevi u poljima

ploče su 100 mm visoki, a njihova debljina mora iznositi 15 mm. Navedeni brojevi moraju biti čitki i vidljivi nakon 15-minutne izloženosti vatri. Vozila cisterne ili transportne jedinice sa jednim ili više spremnika namijenjenih prijevozu ukapljenog plina treba dodatno i jasno označiti na obje strane svakog spremnika, a paralelno s uzdužnom osi vozila, pločama narančaste boje (koja nose oznake opasnosti i UN broj).

Kad vozila transportnih jedinica s jednim ili više spremnika namijenjenih transportu ukapljenog plina nije neophodno bočno postaviti narančaste ploče kao što je prethodno opisano ukoliko su na prednji i stražnji dio transportne jedinice postavljene ploče sa UN brojevima i oznakama opasnosti one tvari koja ima najnižu točku plamišta.

Vozila, cisterne, kontejnerski spremnici, prenosivi spremnici ili posebno opremljena vozila ili kontejneri za koje se zahtjeva oznaka tvari s povišenom temperaturom moraju biti označena s obje bočne strane, kao i sa stražnje strane tom oznakom. Oznaka tvari s povišenom temperaturom sastoji se od crveno obrubljenog trokuta duljina stranica najmanje 250 mm u čijem središtu je simbolički prikaz termometra. Prema ADR-u na vanjskim površinama vozila, kontejnera, MEGC-ija (Multiple element gas container), kontejnerskih i prenosivih spremnika moraju biti istaknute listice opasnosti, dimenzija 100x100 mm, lijepe se na vanjske vidljive površine. Osim posebnih odredbi za listicu 7D, sve ostale moraju imati stranice minimalne duljine 250 mm. Paralelno s rubovima moraju biti crne boje simbola, a odmaknute od rubova 12,5 mm. Visina slova ne smije biti manja od 25 mm. Listica 7D mora imati stranice duljine 250 mm, paralelno s rubovima moraju biti crne crte odmaknute od rubova 5 mm. Visina broja ne smije biti manja od 25 mm. Boja gornje polovice mora biti žuta, a donja bijela. Simbol mora biti crne boje, a natpis *Radioactive* može biti zamijenjen prikladnim UN brojem.

U gornjem polju ploče opasnosti nalaze se brojevi koji označavaju identifikacijski broj opasnosti, Kemlerov broj. To je obično niz od dva broja od kojih prvi uvijek znači oznaku klase, a slijedeći upozoravaju na dodatnu opasnost. U donjem polju ploče su četiri broja (UN-broj) koji označavaju vrstu opasne tvari, prema popisu Ujedinjenih naroda. Ploča može biti sastavljena samo iz jednog dijela, pa predstavlja ploču upozorenja. Šifra osnovne opasnosti, iskazuje se identifikacijskim brojevima opasnosti i sastoji se od dva ili tri broja. U iznimnim slučajevima, ispred brojeva može biti slovo X, a ono upozorava da tvar ne smije doći u dodir s vodom. Prvi broj (u gornjem dijelu ploče opasnosti) kada se radi o ukapljenom plinu nosi oznaku 2 (plin) ili 3 (zapaljiva

tekućina). Drugi i treći broj označavaju dodatnu opasnost kada se radi o ukapljenom plinu može nositi oznaku 1 (eksplozivno), 6 (otrovno), 2 (izdvajanje plina), 3 (zapaljivo) ili 9 (opasnost od energične kemijske reakcije), ovisno o vrsti plina koji se prevozi. Ako su prve dvije znamenke iste, u pravilu ukazuju na povećanu dodatnu opasnost koja kod ukapljenog plina može nositi oznaku 33 (vrlo zapaljiva tekućina) ili 66 (vrlo otrovna tvar). [8]

#### 4.2. Označavanje opasnih tvari

Ukapljeni plin može na ljude i okolinu različito djelovati, a najčešće djeluje nadražajno (inhalatorni sustav), zapaljivo, eksplozivno, otrovno, zagađujući okoliš i slično.



Slika 2 – Oznake koje nosi ukapljeni plin

IZVOR : [http://www.uredisvojdom.com/article/381/ozna%C4%8%Davanje\\_opasnih\\_tvari\\_otrova](http://www.uredisvojdom.com/article/381/ozna%C4%8%Davanje_opasnih_tvari_otrova) [9]

Oznake opasnosti, na listićima veličine 74x105 mm ili 148x210 mm, lijepo se na ambalažu. Najčešće oznake obavezno su nalijepljene na restriktivnim materijalima. U neposrednoj blizini mjesta na kojemu se radi o opasnim materijalima, na primjer u skladištima, na rampama za ukrcaj i iskrcaj, ondje gdje se obavlja pretakanje ili drugi poslovi s opasnim materijalima, treba na vidljivom mjestu staviti uputu o pružanju prve pomoći u slučaju nezgode. Znakovi su narančaste boje i uočljivi tako da ih ljudi obavezno pročitaju i uvide potencijalne opasnosti.

#### 4.3. Označavanje kotla cisterne

Ovisno o tome koja se vrsta tekućine prevozi, cisterne su razvrstane u dvanaest skupina. Da bi se lakše raspoznavale, kotao je obojen nekom od boja, kao i traka na čelu cisterne. Kotao cisterne obojen crveno-smeđom bojom i trakom:

- crna - za prijevoz katrana i kreozota

- bijela – za prijevoz mineralnih ulja
- zelena - za prijevoz tehničkih kemikalija (u sredini kotla premazane zaštitnom crvenom bojom)

Kotao cisterne obojen sivom bojom i trakom:

- bijela – za prijevoz acetilena
- zelena – za prijevoz klora
- crvena – za prijevoz svih drugih zapaljivih plinova
- plava – za prijevoz kisika
- tamnosiva – za prijevoz svih drugih nezapaljivih plinova

Vagoni cisterne i tank-kontejneri u kojima se prevoze ukapljeni plinovi moraju biti označeni RID-pločama i olistani listićima za opasnosti. Pošiljatelj je o svome trošku obvezan RID-pločama označiti vagone cisterne i tank kontejnere.

Opasne tvari dopušteno je tovariti isključivo u ispravne vagone:

1. Prije nego što se ukapljeni plin počne tovariti u zatvorene vagone, obvezno se moraju zatvoriti i plombirati svi otvori za prozračivanje, kao i vagoniska vrata na koja se neće utovarivati.
2. Prije utovara ukapljenog plina u vagonске cisterne komitente valja upozoriti na to da na cisterni provjere ispravnost središnjega i ispusnog ventila.
3. Ispravnost središnjega ventila provjerava se tako što se prije punjenja cisterne on zatvori, a otvore ispusni ventili, pa se nakon toga počne s punjenjem. Ako tekućina (plin) ne istječe kroz ispusne ventile, oni se zatvore i cisterna se nastavi puniti.
4. Eksplozivne tvari poput ukapljenog plina prevoze se u vagonima s valjkastim ležajima na osovinama, s limom protiv iskrenja koji ne smije biti neposredno pričvršćen na vagonski pod te s elastičnim odbojnicima i vlačnim kukama. [9]

## **5. MJERE UNAPREĐENJA UKAPLJENIH PLINOVA U HRVATSKOJ**

Podloga za cjelovitu analizu prometa ukapljenog plina i projekciju potrebnih smjernica unapređenja prijevoza ove kategorije robe, nalazi se u sagledavanju šireg konteksta dinamike robnih tokova i udjela pojedinih prometnih grana u ukupnoj prometnoj strukturi. U svim prometnim granama, osim unutarnjeg vodnog prometa, bilježi se rast robnog prometa, što je indikativan pokazatelj tržišnog otvaranja Hrvatske u kontekstu integracijskih procesa. Čak se petina robnog prometa u Hrvatskoj odnosi na transport opasnih tvari.

Glavnina transporta opasnih tvari u cestovnom prometu obavlja se u unutarnjem prometu, dok se glavnina transporta ukapljenih plinova vrši u međunarodnom prometu. Primjetan je blagi trend pada količine prevezene robe ovim prijevoznim oblikom, što je s aspekta sigurnosti na liniji strategijskih smjernica prometnog razvoja i transfera prometne potražnje na ekološki čišće prometne oblike.

Istjecanje opasnih tvari prilikom transporta, što uključuje ukapljene lako zapaljive plinove ili lako zapaljive tekućine Klase I, može predstavljati značajan eksplozivni potencijal u tunelu. Eksplozija takvih plinova može izazvati takav predtlak koji će prouzročiti strukturna oštećenja u tunelu. Iznenadna zagađenja na prometnici nastaju kada u njen sustav odvodnje ili okoliš osim kišnice ili otopljenog snijega i taloga nastalog redovitim korištenjem prometnice, iznenada i nekontrolirano dospiju opasne i štetne tvari.

### **5.1. Mjere prevencije u transportu**

Za transport ukapljenog plina koriste se različita vozila, od automobila, kombija i manjih kamiona, do velikih tegljača, no po konstrukciji se razlikuju od običnih vozila. Na osnovu provjere, vozilo dobiva certifikat i uvjerenje za transport ukapljenog plina i to samo za one vrste za koje ispunjava uvjete. Samo višerazinskom hijerarhijskom implementacijom zahtijevanih propisa o prijevozu ukapljenog plina moguće je sustavno unapređenje postojećeg sigurnosnog statusa transporta istog, te promocija i afirmacija koncepcije održivog razvoja. Transportu ukapljenog plina treba pristupiti stručno te institucijski višedisciplinarno ukoliko se žele izbjeći neminovno loše posljedice zbog nepravodobnog praćenja događaja i ovladavanja problemom u njegovoj



kompleksnosti. Prometni sustav sa svim svojim dijelovima, slijedom toga i prijevoz opasnih tvari, temelje u današnje vrijeme svoj razvoj na informatičkoj tehnologiji koja je implementirana u moderne tehnologije transporta ukapljenog plina. Primjena informatičkog rješavanja problema određivanja voznog reda transporta ukapljenog plina postaje, još jedan u nizu, nezaobilaznih segmenata pri transportu opasnih tvari, te je potrebno i uvrstiti ga u više disciplinarnost rješavanja problema opasnih tvari.

U svrhu prevencije opasnosti, do koje može dovesti ukapljeni plin potrebno je razvijati alate optimiranja i rješavanja problema prijevoza opasnih tvari u nekoliko pravaca:

- poboljšanje tehničkih značajki uređaja i opreme vozila za ukapljeni plin
- obrazovanje sudionika u procesu transporta ukapljenog plina
- izgrađivanje i obnavljanje prometne infrastrukture na načelima održivog razvoja
- povećanje ekološke svijesti sveukupnoga građanstva
- institucionalno i višedisciplinarno praćenje i rješavanje kompleksne problematike ukapljenog plina
- uspostavljanje sustava donošenja područnih propisa
- redizajniranje optimalnih itinerara transporta ukapljenog plina u Hrvatskoj.

Važan aspekt prevencije od potencijalnih nesreća i katastrofa uzrokovanih prometnim nezgodama vozila za transport ukapljenog plina odnosi se na organiziranost sustava intervencija u izvanrednim situacijama.

## **5.2. Mjere prilagodbe i unapređenja transporta ukapljenih plinova**

Tri su ključna aspekta prilagodbe sustava transporta ukapljenih plinova, normativni, infrastrukturni i operativni. Primjenom propisa koji se odnose na transport ukapljenih plinova predviđeno je imenovanje sigurnosnih savjetnika, kao i donošenje ovlaštenja za njihovu izobrazbu. Potrebno je ustrojiti i voditi bazu podataka u resornom ministarstvu o vrstama ukapljenih plinova, njihovim svojstvima, koja su opasna za život i zdravlje ljudi i materijalna dobra, mjerama koje treba poduzeti za sprečavanje ili uklanjanje opasnosti te o pravnim i fizičkim osobama koje mogu pomoći u uklanjanju nastale opasnosti. Vrlo je bitna uspostava integriranog informatičkog okruženja, koje instrumentima prometne politike treba osigurati na svim razinama – najšire uvođenje modernih sustava snimanja, brojenja, praćenja relevantnih indikatora prometnih

tokova te ekoloških razina. Prilagodba infrastrukturne mreže za transport ukapljenih plinova usmjerena je u smislu kratkoročnih efekata na poboljšanje uvjeta transporta na prometnicama preusmjeravanjem prometa na novoizgrađene dionice prometnica više razine uslužnosti.

### 5.3. SWOT analiza transporta ukapljenih plinova u cestovnim prometu

Tablica 1. SWOT analiza

SNAGE	SLABOSTI	PRILIKE	PRIJETNJE
Učinkovit transport cestovnim putem u odnosu na druge prometne grane	Troškovi goriva i cestarina	Osmišljavanje novog GPS sustava za praćenje i pronalazak pošiljaka ukapljenog plina na širem geografskom području	Povećane količine prometa
Brz i siguran transport do odredišta	Manja količina prevezene robe u odnosu na druge prometne grane		Nemogućnost povezivanja kontinenata
Informacije o dolascima u stvarnom vremenu	Jake eksplozije i velike prometne nesreće kao posljedica sudara prijevoznika ukapljenog plina		Željeznički transport najjeftiniji i najbolji za okoliš
Transport ukapljenog plina na bližim relacijama	Paziti na utovar i istovar ukapljenog plina kako ne bi došlo do ugrožavanja ljudi i okoline		Pojava novih i jeftinijih tehnologija
ITS tehnologija			Dolazak konkurentskih kompanija u RH

Iz tablice SWOT analize je vidljivo kako su najveće snage transporta ukapljenih plinova u cestovnom prometu učinkovit transport cestovnim putem u odnosu na druge

prometne grane te brz i siguran transport do odredišta, dok se najbolje prilike ogledaju kroz osmišljavanje novog GPS sustava za praćenje i pronalazak pošiljaka ukapljenog plina i drugih opasnih tvari na širem geografskom području. Najveće se slabosti ogledaju kroz troškove goriva i cestarina te manje količine prevezene robe u odnosu na druge gospodarske grane, dok se najveće prijetnje ogledaju kroz povećanje količine prometa te nemogućnost povezivanja kontinenata.

## 6. GORENJE I EKSPLOZIVNOST ACETILENA

### 6.1. Primjena acetilena

Acetilen je po sastavu najjednostavniji nezasićeni ugljikovodik s trostrukom vezom formule i prvi je član homolognog reda alkina. Molekula acetilena je linearna, izgrađena od dva atoma vodika i dva atoma ugljika. Na običnoj temperaturi i tlaku čisti acetilen je bezbojan plin, bez mirisa i lako zapaljiv. Plin je lakši od zraka, bez boje i okusa. Zapaljen na zraku, gori lijepim svijetlim plamenom. Goreći u atmosferi kisika daje vruć plamen (do 3100°C). Tehnički acetilen ima specifičan oštar miris koji potječe od fosfora ili silicijum vodikovih spojeva. Na povišenim temperaturama acetilen se spontano raspada uz oslobađanje topline, a ova se reakcija širi lančano po masi acetilena te rezultira eksplozijom. Povišenjem tlaka snižava se temperatura na kojoj počinje raspadanje acetilena, a eksplozivnost raste, tako da je dovoljno 3% acetilena u smjesi sa zrakom da dođe do eksplozije.

Acetilen možemo komprimirati u praznu bocu samo do 1,3 bara nadtlaka. Kod većeg tlaka plin postaje nestabilan pa kod temperature od 500-530°C dolazi do raspada acetilena na sastavne dijelove čime se oslobađa velika količina energije koja povećava temperaturu što uzrokuje eksploziju boce, budući da tlak poraste dvanaestak puta. Granice eksplozivnosti nastale smjese vrlo su široke, jer se nalaze između 1,5 – 82vol. u zraku i 2,3 – 93 vol. u kisiku. Acetilen se burno spaja s klorom i drugim halogenim elementima i to tako da se eksplozija pri ovoj reakciji izaziva već samim izlaganjem svjetlosti.



Slika 3 – Molekula acetilena

IZVOR : <http://www.ekapija.com/website/sr/search.php?terId=2&st=p&term=acetilen> [10]

Mogućnost eksplozivnog razlaganja acetilena smanjuje se ako se acetilen pomiješa s inertnim plinovima ili ako se otopi u pogodnom otapalu. Acetilen se otapa u mnogim tekućinama, ali je najpogodniji i najviše je u stalnoj uporabi aceton. Dok 1 l vode otapa 1 l acetilena pri temperaturi od 20°C, u 1 litri acetona otopi se 20 litara acetilena. Acetilen se nekada u smjesi s kisikom rabio i u medicini za narkozu, ali je napušten jer nakon buđenja ostavlja mučninu i glavobolju. U visokim koncentracijama acetilen dovodi do snižavanja koncentracije kisika u zraku pa može doći do gušenja. Pri koncentraciji od 20% acetilena u zraku, dolazi do smetnji pri disanju i glavobolje, a pri koncentraciji od 40% do gubitka svijesti, uz mogućnost i smrtnog ishoda zbog gušenja, ukoliko ugroženi ostane dulje u toj atmosferi. Kratkotrajno izlaganje atmosferi acetilena s kisikom ne ostavlja nikakve posljedice.

Najvažnije opasnosti acetilena su :

Opasnost na ljudsko zdravlje:

- Nadražuje oči
- Učestalo izlaganje može prouzročiti sušenje ili pucanje kože
- Pare mogu izazvati pospanost ili vrtoglavicu.

Opasnosti po okoliš:

- Nema podataka o štetnom djelovanju na okoliš

Fizikalno-kemijski učinci:

- Zagrijavanje može uzrokovati eksploziju
- Eksplozivno u dodiru ili bez dodira sa zrakom
- Vrlo lako zapaljivo.

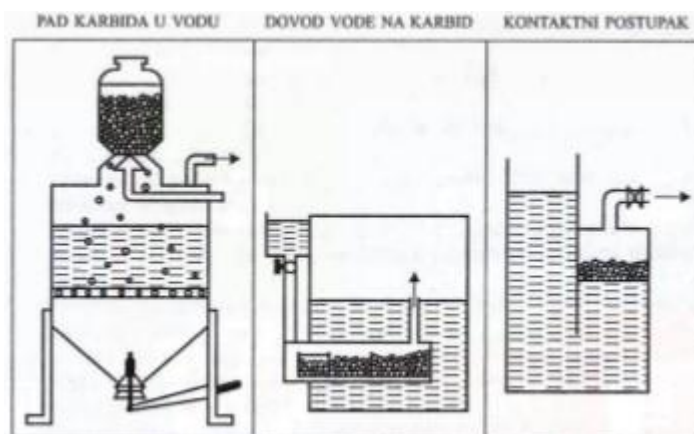
## **6.2. Razvijač acetilena**

Acetilen se dobiva u acetilenskim razvijačima. Pod razvijačima acetilena podrazumijevaju se pokretni (prijenosni) i nepokretni (stabilni) aparati za proizvodnju acetilena niskog i visokog tlaka.

Ovi aparati proizvode acetilen na jedan od načina:

- Padom kalcijeva karbida u vodu

- Dovodom vode na kalcijev karbid
- Naizmjeničnim dodiranjem kalcijeva karbida i vode, odnosno potapanjem kalcijevog karbida odozgo ili dodiranjem vode odozdo (kontaktni razvijajući).



Slika 4 – Načini dobivanja acetilena

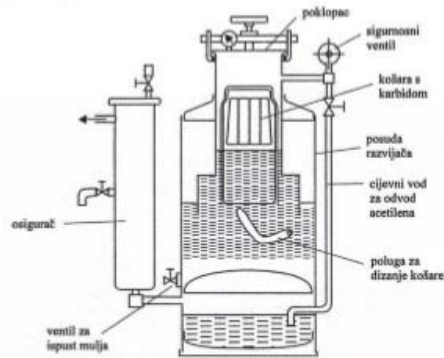
IZVOR : Gulan, I. : *Protupožarna tehnološka preventiva*, Zagreb, 1997., str. 105

Metoda dobivanja karbida u vodu smatra se najsigurnijom, jer se tom metodom najbolje odvodi toplina reakcije koja se oslobađa prilikom razvijanja acetilena. Pod acetilenskom stanicom podrazumijeva se stabilno postrojenje za proizvodnju i razvod acetilena koju čini jedan ili nekoliko razvijajući acetilena i cijevne mreže s odgovarajućom armaturom za razvod i uporabu razvijajući na nekoliko radnih mjesta u jednoj ili više prostorija u krugu tvornice u radilištu.

Acetilenski se razvijajući puni putem tzv. otvorenog sustava. Čim se spremnik karbida isprazni (pokazivač) mora se ponovno napuniti. U tu svrhu pun kontejner karbida se pomoću dizalice podiže iznad spremnika za karbid, a zatim se otvara zaporni poklopac spremnika i pušta se da karbid iz spremnika uđe u spremnik. Postupak traje 20-ak sekundi i za to vrijeme acetilen iz upadnog okna acetilenskog razvijajući izlazi u atmosferu (oko 0,5 ).

Dok god je zaporni poklopac otvoren, potrebno je spriječiti prodiranje zraka u spremnik s karbidom što se postiže automatskim uvođenjem dušika u područje otvorenog zaklopca (inertizacija prostora).

Karbid se iz spremnika transportira pomoću pužnog prijenosa i dozira u spremnik razvijača napunjen vodom, gdje se rasplinjava u acetylen. Granulacija karbida obično je oko 15-25 mm, ali može biti i druge veličine, a vapneno mlijeko koje pri tome nastaje se, preko cijevi za odvod vapna, kontinuirano odvodi iz razvijača, a zatim do mjesta gdje se voda odvaja od vapna.



Slika 5 – Razvijač acetilena visokog tlaka

IZVOR : Gulan, I. : *Protupožarna tehnološka preventiva*, Zagreb, 1997., str. 106

Svježa procesna voda se u razvijač dovodi iz lagune sa procesnom vodom, odnosno iz recirkulacijskog sustava. Sirovi acetylen se odvodi iz razvijača kroz perač do gazometra, a tamo dopijeva do priključenih radnih jedinica.

Upravljanje razvijačem odvija se preko 5 induktivnih rasklopnih kontakata na zvonu gazometra.



Slika 6 – Gazometar

IZVOR : [http://www.mzoip.hr/doc/linde\\_plin\\_doo\\_karlovac.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/linde_plin_doo_karlovac.pdf), [11]

Za sprečavanje nekontroliranog porasta tlaka u acetilenskom razvijaču, bočno je ugrađen spremnik vode kao osiguranje od porasta tlaka. Temperatura sirovog acetilena u razvijaču je oko 80°C, dok je temperatura vode u razvijaču oko 70°C. Temperature se nadziru s po dva kontaktna termometra, koji ukoliko dođe do prekoračenja maksimalno dozvoljene temperature, isključuje iz rada acetilenski razvijač.

U svrhu nadzora dovoda procesne vode do razvijača, u dovodnoj cijevi ugrađena je tlačna sklopka, koja u slučaju preniskog tlaka procesne vode ne dozvoljava uključivanje razvijača. Za ispiranje zraka odnosno acetilena iz razvijača, i prije i poslije pregleda, na razvijaču se nalazi uređaj za inertiziranje dušikom.

Izvor opasnosti predstavljaju opasne i štetne tvari koje su upotrebljavaju, prevoze i skladište u poduzeću, a koje u izvanrednim situacijama mogu dovesti do nesreće na lokaciji i uzrokovati oštećenja materijalnih dobara, veća ili manja onečišćenja okoliša te u najgorem slučaju stradavanja ljudi.

Mogući uzroci izvanrednih događaja mogu biti :

- *ljudski faktor* (nepažnja prilikom dopreme ukapljenog plina, pretakanja plina, nepridržavanje uputa rukovanja ukapljenim plinom, rukovanje instalacijama i uređajima na tehnički nedopušten način i slično)
- *poremećaji tehnološkog procesa* (propuštanje spremnika, kvarovi većeg opsega na postrojenju i kvarovi opreme za pretakanje i slično)
- *prirodne nepogode jačeg intenziteta* (požar, potres, poledica, orkansko i olujno nevrijeme i slično)
- *namjerno razaranje* (terorizam, organizirani kriminal, sabotaže i slično).

Rad s razvijačima prate opasnosti koje slijede iz kemijskih osobina acetilena. Svi razvijači su osigurani za slučaj predtlaka, što je izvedeno jednim predloškom koji u slučaju predtlaka izbaci vodu iz zapore i pusti je van čime je razvijač rasterećen i tlak padne. Opasnost od izlaska acetilena iz komore karbida, ako se dobro ne zatvori poklopac komore može prouzročiti požar u radnoj prostoriji kao i eksploziju razvijača. Opasnost od prekomjernog i naglog razvijanja acetilena u razvijaču postoji, ako je dodano više vode nego što je dopušteno, što dovodi do ispuštanja viška acetilena preko sigurnosnog ventila u radnu prostoriju, a rezultira požarom ili eksplozijom. Postoji opasnost od povratnog plamena ako u vodenom osiguraču nema propisane



količine vode, kao i opasnost od eksplozije razvijača, ako u unutrašnjost sakupljača dođe određena količina zraka. Opasnost od požara i eksplozije postoji i ako je razvijač blizu otvorene vatre ili povišene temperature te ako u prostoriji nije dobra ventilacija ili ako je nepropisno izvedena električna instalacija. Sva električna instalacija mora biti izvedena u „S“ izvedbi.

Konstrukcija razvijača mora biti izrađena od čeličnog lima odgovarajuće čvrstoće i rastezljivosti i mora biti nepropusna. Prostor za razvijanje acetilena s kutijom za punjenje kalcijeva karbida mora biti izvedena tako da je omogućeno njegovo lako ubacivanje i čišćenje vapnenog taloga. Metalna kutija treba biti od materijala koji pri udaru ili trenju ne stvara iskre (aluminij). Naprava za ubacivanje karbida mora biti od materijala koji pri udaru u čelik ne stvara iskre.

Svaki razvijač acetilena mora imati predčistač za odstranjivanje fizičkih primjesa u acetilenu. Za mjerenje tlaka u razvijaču acetilena i razvodnoj cijevnoj mreži smiju se upotrebljavati samo posebno građeni manometri. S obzirom na opasnost od eksplozije mješavine acetilena sa zrakom, potrebno je čišćenje i punjenje razvijača karbidom obavljati pri dnevnoj svjetlosti.



Slika 7 – Zabranjena upotreba otvorenog plamena i Zabrana pušenja

IZVOR : <http://www.termag.hr/ProductList/546/pg/117/ct/OpremaZaZastituNaRadu/lang/HR/Znakovi-zabrane.wshtml> [12]

Provjetravanje prostorija, u kojima se smješteni razvijači i pomoćni uređaji, obavlja se prirodnim prozračivanjem. Izlazni otvor prozračivača treba se nalaziti na najvišem mjestu prostorije, gdje postoji mogućnost prikupljanja eksplozivnih smjesa.

### **6.3. Čišćenje i komprimiranje acetilena**

Nakon što je acetylen proizveden, kemijski je nečist. Kao nečistoće pojavljuju se sumporovodik, fosforovodik, arsenovodik, amonijak, metan i drugo. Acetylen se čisti pomoću sumporne kiseline, u dva tornja s kiselinom. Tornjevi su ispunjeni keramičkim granulatom, na čijoj se površini odvija reakcija sumporne kiseline s nečistoćama u acetylenu. Pri tome acetylen prolazi kroz ispirać, odozdo prema gore, u obrnutom smjeru od sumporne kiseline, koja se u malim količinama dozira na granulat.

Nečistoće, koje su iz acetylena reagirale u tekućine i soli, razrjeđuju se s potrošenom sumpornom kiselinom, koja je s vodom razrijeđena na 45%, i zagrijana na 35°C, te se atmosferski odvede u zbirni spremnik. Završetak postrojenja za čišćenje čini separator lužine, s priključenim gustim filtrom, koji je napunjen prstenima koji pospješuju reakciju. Gusti filter opremljen je punjenjem staklene vune, koja sprečava povlačenje najsitnijih čestica nečistoće. Završetak postrojenja za čišćenje čini separator lužine s priključenim gustim filtrom. Prije postupka mokrog pročišćavanja u priključenom filteru s koksom, iz plina se uklanjaju mehanička onečišćenja i odvaja se dio povučene vode. Toranj s ispiraćem i toranj s lužinom, također kao i spremnici s kiselinom i lužinom, nalaze se u kemijski otpornim kadama.

Prije ulaska u tornjeve za pročišćavanje acetylen se mora ohladiti, jer inače sa sobom unosi puno vlage u tornjeve. Ta vlaga tada reagira sa sumpornom kiselinom pa dolazi do porasta temperature u tornjevima, a time i do polimerizacije acetilena.

Pročišćeni acetylen se komprimira pomoću klipnih kompresora, hlađenih vodom, koji se komprimiraju na maksimalno 25 bara.

### **6.4. Punjenje acetilena u ambalažu**

Vlaga, koja u acetylenu ostane nakon kompresije, uklanja se u dva paralelna sušača acetilena, koji rade na principu apsorpcije izmjeničnog tlaka. Vlažni acetylen, s tlakom od 18 do 25 bara, prolazi kroz uređaj za apsorpciju, napunjen s molekularnim sitima. Pri tome, molekularno sito preuzima vlagu iz acetilena. Kada je, nakon određenog vremena, iscrpljen kapacitet prihvata vode, struja plina se prebacuje na paralelni, drugi uređaj za apsorpciju iste serije, koji je spreman za prihvatanje vode. Dok se drugi uređaj za apsorpciju puni vlagom, regenerira se punjenje molekularnih sita u prvom uređaju.

Zavisno od postrojenja, može se postaviti više rampi za punjenje boca, na koje se može postaviti po 50 boca.

Za dobivanje acetilena iz prepunjenih boca ili boca koje je potrebno ispitati, ugrađuju se rampe za povrat plina i pražnjenje s najviše 16 priključaka. Acetilen, koji se iz boca uzima na rampi za povrat i pražnjenje plina, se pomoću spremnika za separaciju acetona i dva osigurača od povrata plamena, odvodi do gazometra iz kojega se ponovno može puniti, a postupak se odvija na način da se :

- prazne boce koje treba ispitati odnosno odbaciti se izdvajaju
- aceton koji je istekao prilikom potrošnje plina se nadodaje
- boce se pune na rampi, a punjenje traje oko 10 sati
- potrebna težina pune boce se kontrolira pomoću vage za boce
- pune boce se otpremaju.

## **6.5. Granice eksplozivnosti**

Sve zapaljive tvari i tvari koje podržavaju izgaranje, u intervalu zapaljivosti ili eksplozivnosti, su zapaljive ili eksplozivne. Ako se ova smjesa zapali, plamen se vrlo brzo ili trenutačno proširi na čitavu masu smjese. Eksplozija koja nastaje nakon zapaljenja eksplozijske smjese ovisi o koncentraciji zapaljivih plinova, para ili prašina u smjesi. Smjesa neće eksplodirati ako je koncentracija gorivog plina, pare ili prašine u smjesi, u određenim uvjetima tlaka ili nadtlaka i početne temperature, manja od donje granice eksplozivnosti ili gornje granice eksplozivnosti. Stehiometrijska smjesa je najeksplozivnija i idealna za gorive tvari i zraka kada je sagorijevanje potpuno. Tlak eksplozije takve smjese je najveći. Eksplozija u velikoj mjeri ovisi o sadržaju kisika. U povećanoj koncentraciji kisika, granice eksplozivnosti pomiču se u smjeru proširenja područja eksplozivnosti, dok se kod smanjenog postotka kisika područje eksplozivnosti sužava. Navedeno se odnosi na zapaljive plinove (i ukapljene plinove), pare i prašine pomiješane sa zrakom, na običnoj temperaturi i pod atmosferskim tlakom. S promjenom temperature i tlaka, mijenjaju se granice eksplozivnosti i interval eksplozivnosti. Kod tlakova koji su u apsolutnoj vrijednosti niži od atmosferskog, interval zapaljivosti ili eksplozivnosti sužava se s opadanjem apsolutnog tlaka.

U području ispod donje granice zapaljivosti ili eksplozivnosti koncentracije zapaljivog plina, pare ili prašine u zraku je vrlo mala. Smjesa ispod donje granice zapaljivosti ili eksplozivnosti je presiromašna da bi se uopće mogla zapaliti ili eksplodirati. U području iznad gornje granice zapaljivosti ili eksplozivnosti sadržaj zapaljivog plina, pare ili prašine u smjesi je prevelik i takva smjesa je prebogata da bi se uopće mogla zapaliti ili pak eksplodirati.

Osnovni uzroci koji mogu dovesti do „eksplozije“ posude u kojoj se drži određeni ukapljeni plin su:

- mehanički nedostaci u materijalu od kojega je izrađena posuda
- smanjenje debljine stjenki posude do čega može doći zbog korozije
- mehanički udari i lomovi
- smanjenje čvrstoće materijala npr. pri niskim temperaturama
- povećanje tlaka unutar posude do čega može doći zbog povećanja temperature plina, može biti izazvano sunčanim zračenjem, a pogotovo nekim drugim izvorima topline.

U požaru, kao i u mnogim slučajevima postojanja visokih temperatura, u kojima se mogu naći posude, posebno veliku opasnost predstavljaju boce s acetilenom, koji može biti ukapljen, te sa drugim ukapljenim plinovima. Razlog ovim opasnostima ne sastoji se samo u povećanju tlaka zbog povećane temperature (u skladu s Gay-Lussacovim zakonom), nego i zbog naglog porasta isparavanja zbog povećanja temperature.

Kod boca s ukapljenim acetilenom (otopljenog u acetonu), nagli skok povećanja tlaka dolazi pri temperaturama iznad 70-75°C. Razlozi naglog povećanja tlaka u ovim bocama mogu se tumačiti time, što se topivost acetilena u acetonu naglo smanjuje s povećanjem temperature, tako na primjer pri temperaturi od oko 100°C topivost acetilena u acetonu praktično je jednaka nuli. Zbog toga, mora doći do eksplozije posude s acetilenom kad se njezin sadržaj zagrije na oko 100°C (treba razlikovati temperaturu na vanjskoj stjenki boce od stvarne temperature u njezinoj unutrašnjosti).

## **6.6. Mjere sigurnosti i zaštite**

Kad se acetilensko postrojenje prvi puta stavlja u pogon, a isto tako i poslije svakog otvaranja posuda za čišćenje plina ili razvijaa, nakon završene montaže i zatvaranja posuda potrebno je takvo postrojenje prozračiti. Prije početka nove proizvodnje sve se posude i cjevovodi moraju zaštititi plinom. Propuhivanje obično traje pola do jednog sata, što ovisi o veličini posuda. Takvim se postupkom utjera sva količina zraka, koja se kod otvorenih posuda u njima zaustavila. Čistoća plina može se kontrolirati posebnim aparatom za određivanje prisutnosti zraka. Propuhivanje treba nastaviti sve dok zrak nestane iz plina. Kad je propuhivanje gotovo, tada se stavlja kompresor u pogon i počinje komprimiranje u boce. Priključne cijevi, koje dolaze od kompresora do pojedinih skupnih mjesta za punjenje, moraju biti osigurane povratnim ventilom, tako da u slučaju vatre iz boce, povratni ventil sprječava širenje vatre po cjevovodima. Prilikom punjenja, boce se normalno griju, u zimi manje, ljeti više. Svako mjesto punjenja ima dovod hladne vode, tako da se boce mogu tijekom punjenja hladiti. Ukoliko se koja boca i dalje zagrijava, potrebno ju je skinuti i odnijeti na udaljeno mjesto, te s vatrogasnom mlaznicom polijevati. Polijevanje može trajati nekoliko sati, sve dok se boca ne ohladi. Najbolje je bocu baciti u bazen napunjen vodom. U slučaju da se vatra pojavi kod priključaka ili na cjevovodima, najuspješnije se gasi pomoću aparata s CO<sub>2</sub>. Aparati moraju biti ispravni te lako dostupni, tako da se u svakom slučaju može obaviti gašenje. Svaka prisutnost vatre ili pušenja u takvim pogonima najstrože se zabranjuje, a pogoni se moraju držati izolirano.

Prostori koji su izloženi opasnostima od eksplozije, moraju se osigurati dovoljnim brojem vatrogasnih aparata za gašenje prahom i dovoljnim brojem hidranata. U slučaju požara ili eksplozije, ukapljeni se acetilen smije gasiti vodom, ukoliko u blizini nema posuda s karbidom, a ako ima, u tom slučaju gašenje vodom se najstrože zabranjuje, te se početno gašenje požara vrši aparatima s prahom ili ugljičnim dioksidom.

## **6.7. Preventivne mjere za sprječavanje izvanrednog događaja**

U pogonima proizvodnje acetilena, svi djelatnici dužni su poduzimati preventivne mjere kojima se sprječava mogućnost nastanka bilo kakve nesreće, a to uključuje :

- Pravilno rukovanje u prometu s opasnim i otpadnim tvarima od proizvođača do mjesta skladištenja
- Pravilno skladištenje svih zapaljivih, eksplozivnih materijala te opasnih kemikalije
- Pravilna organizacija rada prilikom upotrebe opasnih tvari
- Pravilno odlaganje opasnih otpadnih tvari
- Uporaba propisanih zaštitnih sredstava
- Svakodnevnu kontrolu ispravnosti skladišnog prostora
- Svakodnevnu vizualnu kontrolu spremnika i ambalaže s opasnim tvarima te svih prometnih i radnih površina i parkirališnog prostora
- Kontrolu ispravnosti opreme za provođenje interventnih mjera i neophodnih zaštitnih sredstava (jednom tjedno)
- Provođenje svih preventivnih mjera zaštite od požara i eksplozije.

## **6.8. Postupak u slučaju požara i eksplozija**

U tvrtkama koje se bave proizvodnjom acetilena i drugih ukapljenih plinova, nužno je savjesno, redovno provoditi sve propisane mjere zaštite od požara. Sva raspoloživa sredstva i oprema se uključuju u akciju gašenja požara kako bi se već u početnoj fazi lokalizirao, a zadaće svih djelatnika uključuju :

- Djelatnik koji je primijetio ili prouzročio nesreću dužan je sam ukloniti opasnost ukoliko je to moguće i obavijestiti voditelja distributivnog centra
- U slučaju da djelatnik sam ne može ukloniti opasnost, dužan je o tome obavijestiti voditelja koji traži pomoć vanjskih snaga preko centra 112
- Sve neovlaštene osobe udaljiti s mjesta nesreće
- U slučaju potrebe pružiti pomoć unesrećenima i sanirati nesreću
- Nakon sanacije, nesreća se analizira na temelju čega se planiraju nadolazeće vježbe.

### **6.8.1. Uređaji i oprema za gašenje požara**

Sredstva za gašenje požara su :

- Ukoliko nema opasnosti za okolinu, pustiti da izgori.

- U svim drugim slučajevima gasiti prahom, ugljikovim dioksidom ili raspršenom vodom ( svim sredstvima koja su prikladna za ostalo opožareno područje).

Protupožarne mjere za posebne opasnosti uključuju :

- Uklanjanje izvora paljenja.
- Pozivanje vatrogasaca.
- Evakuaciju svih osobe iz opasnog područja.
- Ne ulaženje u opasno područje bez samostalnog uređaja za disanje i zaštitnog odijela.
- Ako je moguće zaustaviti istjecanje plina (ako spremnici ne gore- nisu vrući).

Posebne metode za gašenje požara su :

- Zagrijavanje zatvorene posude (boce pod tlakom) može uzrokovati eksploziju (temperatura iznad 52 °C).
- Posude ukloniti iz područja gorenja.
- Ako to nije moguće spremnike hladiti raspršenom vodom iz zaklonjenog položaja te paziti na sigurnosni razmak zbog mogućnosti eksplozije.

## 7. ZAKLJUČAK

Transport opasne robe u Hrvatskoj čini petinu ukupnog robnog prometa, a stanje sigurnosti ne može se ocijeniti zadovoljavajućim, niti u pogledu normativne prilagodbe, u pogledu izgrađenosti namjenske infrastrukturne mreže, kao ni u pogledu operative za prijevoz ove kategorije robe. Smjernice razvoja sustava proizvodnje, transporta i skladištenja ukapljenih plinova, u cijelosti su povezani sa strategijskim ciljevima razvoja intermodalnog prometa. Unaprjeđenje sigurnosne razine transporta ukapljenih plinova dugoročno se mora bazirati na izradi master plana intermodalne prometne mreže. Ona će omogućiti preusmjeravanje tokova ukapljenog plina na sigurnosno i ekološki prihvatljivije opcije. Osim prilagodbe infrastrukturne mreže, nužna je izgradnja logističkih robno transportnih središta u sučeljima različitih prometnih grana, lociranih u sklopu dionica trans-europske mreže u Hrvatskoj. Nužna je i adaptacija suvremenih tehnologija transporta i manipulacije roba. Opći razvitak tehnike i tehnologije, te uvođenje novih tehnoloških procesa i uporaba novih materijala, kao i dobivanje novih produkata, koji mogu biti požarno opasni, zahtijevaju sve bolju i organiziraniju zaštitu od požara. Mogućnosti pojave i nastanka požara ne mogu se u potpunosti isključiti, ali odgovarajućim preventivnim mjerama može se utjecati na njihovo smanjenje. Acetilen je zasigurno jedan od najvažnijih plinova koji se koristi u industriji, zbog svojih svojstava, može se koristiti i kao alternativa drugim gorivima. Međutim, samo rukovanje i manipulacija acetilenom nisu ni približno jednostavni. Zbog svojih svojstava acetilen je vrlo opasan plin, koji pri pogrešnoj ili nestručnoj uporabi može dovesti do zapaljenja ili eksplozija, a takve eksplozije mogu imati katastrofalne učinke. Primjenjujući osnovna pravila ponašanja pri proizvodnji, transportu i skladištenju ukapljenog acetilena i njegovoj uporabi, te koristeći pouzdane materijale i provjerene tehnike manipulacije, te opasnosti mogu se svesti na minimum.



## POPIS LITERATURE

- [1] Kovačić, T. : Prijevoz opasnih tvari u cestovnom prometu, Diplomski rad, Rijeka, 2014.
- [2] Žugečić, S. : Acetilen., Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2015.
- [3] Gulan, I. : Protupožarna tehnološka preventiva, Zagreb, 1997.
- [4] Idealni plin, Wikipedija, [https://hr.wikipedia.org/wiki/Idealni\\_plin](https://hr.wikipedia.org/wiki/Idealni_plin), pristupljeno 12.11.2016.
- [5] Mekovec, I.: Osnove prijevoza opasnih tvari cestom, 2003.
- [6] Viličić, D., Martinović, P., Petrović-Poljak, Z. : Vozilo u cestovnom prometu, Zagreb, 1996.
- [7] Pavelić, Đ. : Zapaljive i eksplozivne tvari, Zagreb, 2013.
- [8] Opasne tvari u prometu, [http://www.prometna-zona.com/cestovni-sigurnost-001opasne\\_tvari1.php](http://www.prometna-zona.com/cestovni-sigurnost-001opasne_tvari1.php), pristupljeno 12.11.2016.
- [9] Označavanje opasnih tvari,  
[http://www.uredisvojdrom.com/article/381/ozna%C4/8%Davanje\\_opasnih\\_tvari\\_otrova](http://www.uredisvojdrom.com/article/381/ozna%C4/8%Davanje_opasnih_tvari_otrova), pristupljeno 06.12.2016.
- [10] Acetilen,  
<http://www.ekapija.com/website/sr/search.php?terId=2&st=p&term=acetilen>, pristupljeno 11.12.2016.
- [11] Rješenje o objedinjenim uvjetima zaštite okoliša,  
[http://www.mzoip.hr/doc/linde\\_plin\\_doo\\_karlovac.pdf](http://www.mzoip.hr/doc/linde_plin_doo_karlovac.pdf), pristupljeno 11.12.2016.
- [12] <http://www.termag.hr/ProductList/546/pg/117/ct/OpremaZaZastituNaRadu/lang/HR/Znakovi-zabrane.wshtml>, pristupljeno 11.12.2016.

## **POPIS PRILOGA**

### **Popis slika**

Slika 1 – Opasnost dodira ukapljenog plina sa vodom .....	19
Slika 2 – Oznake koje nosi ukapljeni plin.....	21
Slika 3 – Molekula acetilena .....	27
Slika 4 – Primjeri razvijača.....	29
Slika 5 – Razvijač .....	30
Slika 6 – Gazometar .....	30
Slika 7 – Zabranjena upotreba otvorenog plamena i Zabrana pušenja .....	32

### **Popis tablica**

Tablica 1 – SWOT analiza .....	25
--------------------------------	----